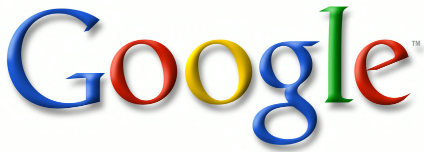
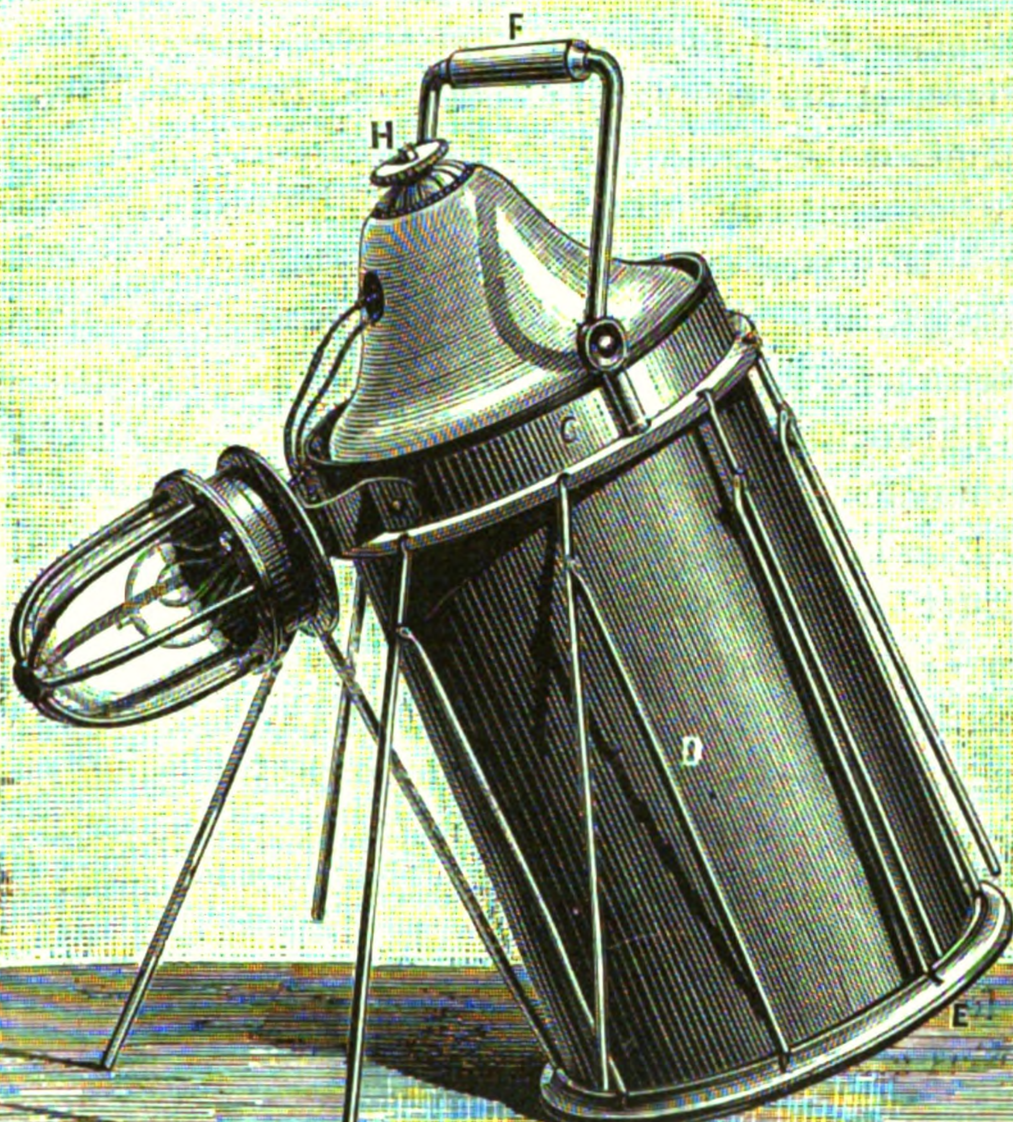




L'Electricien; revue internationale de l'électricité et de ses applications


VET TES TAM EN TVM
NOV TAM TVM
Dei
Sub Numine
Viget

L'ÉLECTRICIEN

REVUE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

9813. — PARIS, IMPRIMERIE A. LAHURE
9, rue de Fleurus.

L'ÉLECTRICIEN

REVUE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

Paraissant le 1er et le 15 de chaque mois

Rédacteur en chef

E. HOSPITALIER
Ingénieur des Arts et Manufactures
Professeur à l'École de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris

---

TOME HUITIÈME
DU 1er JUILLET AU 15 DÉCEMBRE 1884

PARIS
G. MASSON, ÉDITEUR
LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE
120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, EN FACE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1884

Tome VIII. 1er juillet 1884 N° 78.

L'ÉLECTRICIEN

REVUE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

ÉTUDE

SUR LES TRANSFORMATEURS A INDUCTION

Les bobines d'induction employées dans nos laboratoires ne paraissent pas avoir été spécialement étudiées et construites au point de vue du rendement. Ces appareils étant simplement destinés à produire de très hauts potentiels, Ruhmkorff et les autres constructeurs ont dû en déterminer empiriquement la disposition par cette condition seule, et sans se préoccuper du rapport entre l'énergie électrique totale développée par la pile, et celle recueillie sur le fil induit. Les transformations à induction, dont on s'occupe actuellement avec une certaine activité, et qui peuvent convenir à quelques applications, n'étant pas autre chose que des bobines à peu près pareilles aux anciennes, il ne serait peut être pas sans intérêt de réunir sous une forme élémentaire les quelques données théoriques qui interviennent dans la construction de ces organes et permettent d'en rechercher les meilleures dispositions.

Nous n'avons que des notions assez incomplètes sur les premières tentatives qui furent faites pour l'emploi en grand des transformateurs à induction. M. Jablochkoff s'en est cependant servi, dès 1877, pour porter à l'incandescence les lames de kaolin avec lesquelles il essayait de constituer un système d'éclairage. Une installation de ce système figurait à l'Exposition de 1878, et le principe de l'emploi des bobines pour *diviser* et

distribuer l'énergie fournie par un circuit inducteur unique y était nettement indiqué. Le générateur des courants alternatifs qui passaient ainsi dans l'ensemble de ces bobines était une petite machine de l'Alliance.

L'électricien américain Fuller mit en avant, à peu près à la même époque, un projet très complet de distribution de l'énergie électrique par induction. Il nous paraît avoir le premier fait ressortir le point le plus intéressant et alors le plus mal apprécié du système : la facilité qu'il offre pour employer dans le circuit inducteur un courant de très haute différence de potentiel et de très faible intensité ; d'où, pour une portée donnée, une diminution considérable dans le prix des conducteurs primaires. Le courant primaire est en effet fourni directement par la machine génératrice sous la forme périodique qui convient à l'induction, et il n'y a lieu, sur tout son parcours, ni d'interposer aucun organe de commutation ou d'interruption, ni même de mettre ce courant à la portée des consommateurs, ce qui permet d'employer sans grand danger les plus hautes tensions.

Malgré cette conception nette des avantages du système, l'idée de Fuller ne paraît pas avoir donné lieu à des essais pratiques importants. Son appareil transformateur, tel du moins qu'il a été décrit en France, était d'ailleurs d'une forme compliquée et probablement peu avantageuse.

Les transformateurs actuels, ceux de MM. Gaulard et Gibbs, sont au contraire assez semblables aux bobines. Ils semblent cependant avoir varié depuis l'origine de leur emploi. Les premiers, qui ont été figurés dans presque toutes les publications relatives à l'électricité, étaient de forme allongée et constitués par l'enroulement simple d'un câble à plusieurs fils. Une partie de ces fils, réunis probablement en série, formaient l'inducteur, et l'induit se composait d'autres fils du même câble pris alors en quantité. L'ensemble devait fonctionner comme une bobine ordinaire dans laquelle les deux fils seraient mêlés ou enroulés par couches alternatives. Cette disposition était, selon les auteurs, très avantageuse et l'une des causes du rendement élevé de l'appareil. Depuis d'autres bobines ont été construites sans doute, ce sont ces petits générateurs secondaires dont parle le docteur Hopkinson dans la deuxième partie de son

rapport; nous ne savons pas si la même disposition y a été conservée.

Sans nous arrêter aux résultats expérimentaux relatifs à ces différents types, on le voit d'ailleurs assez imparfaitement connus, nous nous proposerons de rechercher *a priori* et à l'aide des principes classiques, quelles peuvent être les conditions d'établissement d'une bobine transformatrice au point de vue du rendement. La notion des lignes de force dont nous allons rappeler brièvement les principales conséquences suffit à cette recherche.

On sait que lorsqu'un circuit parcouru par un courant interrompu ou périodique est placé dans le voisinage d'un autre circuit, le champ magnétique ou le faisceau de lignes de force dû au courant, subit dans l'espace des changements de même période que ceux de l'intensité. Par suite de ces changements, les lignes de force comprises dans le fil du deuxième circuit varient, d'où, en vertu du principe expérimental de Faraday, résulte dans ce fil une force électromotrice proportionnelle à la variation du nombre de lignes dans l'unité de temps[1]. Mais le nombre des lignes de forces en une portion donnée de l'espace est proportionnel à chaque instant à l'intensité du courant inducteur. La variation du nombre de ces lignes avec le circuit induit dans le temps *un* va donc dépendre à chaque instant aussi de deux facteurs, le nombre de lignes renfermées par ce circuit lorsque le courant inducteur est égal à l'unité, et la vitesse avec laquelle varie l'intensité de ce courant inducteur.

De ces deux facteurs, le premier ne dépend évidemment que de la forme et de la position des deux circuits; c'est le coefficient d'induction mutuelle; c'est celui dont la connaissance importe certainement le plus au point de vue de l'effet utile de deux circuits donnés; car l'autre (la vitesse de variation de l'intensité) est lié à la force électromotrice moyenne et à la vitesse de rotation de la machine génératrice, que l'on peut indépendamment faire varier.

[1] On peut supposer, lorsque le nombre des lignes confinées dans un circuit varie, que de nouvelles lignes sont amenées de l'infini : elles doivent traverser alors le fil du circuit et donnent lieu à une force électromotrice proportionnelle au nombre de rencontres, dans un temps donné, ce qui est la forme même de l'énoncé de Faraday.

Essayons donc, pour le cas simple des bobines cylindriques, de calculer ce coefficient d'induction.

Nous avons dit qu'il représentait le nombre de lignes de force du champ inducteur enserrées par le circuit induit, l'intensité du courant primaire étant égale à l'unité. Supposons d'abord la bobine inductrice réduite à une couche, à un solénoïde simple; on sait que les lignes de force forment alors dans l'intérieur de ce solénoïde un faisceau dont la densité, le nombre de lignes par unité de section est simplement proportionnelle au nombre de tours. On aura donc pour un solénoïde de longueur égale à l'unité, et de section S, un faisceau de lignes intérieures égal à

$$KnS,$$

n étant le nombre de diamètres du fil compris dans l'unité de longueur, K une constante[1], S la section du solénoïde.

Le nombre de ces lignes enfermées par *un tour* du fil induit aura cette même valeur KnS, si ce tour est extérieur au solénoïde; s'il est intérieur, il faudra simplement regarder S comme représentant la section de ce tour. Une couche entière du fil induit, supposée, elle aussi, contenir N tours dans l'unité de longueur, enserrer N fois ces mêmes lignes. Le coefficient sera donc :

$$KNnS$$

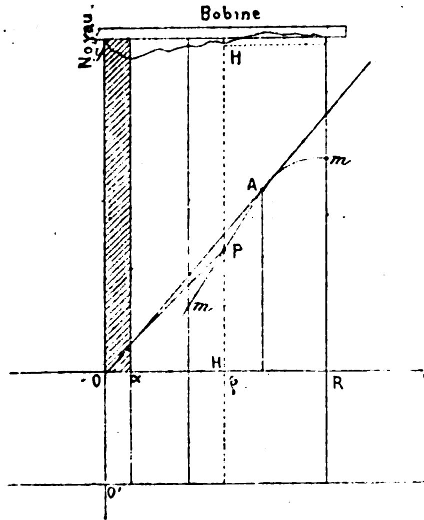
pour deux solénoïdes concentriques quelconques, S étant la section du cercle intérieur, en négligeant les lignes de force extérieures et supposant le faisceau intérieur uniforme, ce qui représente une suffisante approximation.

Cette donnée simple suffit pour étudier l'influence sur le coefficient d'induction du mode d'enroulement des fils.

Nous supposerons, pour simplifier le problème, que le transformateur se compose d'un assez grand nombre de couches de fil fin où passe le courant inducteur, et d'une seule couche de gros fil fournissant le courant induit de quantité. Cette simplification ne s'éloigne pas d'ailleurs autant qu'on pourrait le croire des

[1] La valeur véritable de K est 4π (Voir le traité de MM. Mascart et Joubert, t. I, p. 601).

données pratiques, car la perte dans le courant de quantité étant, toutes choses égales d'ailleurs, beaucoup plus considérable que dans celui de la ligne, on cherchera toujours à faire passer ce courant dans un fil relativement court. De toutes manières, il n'en convient pas moins, quel que soit le nombre des couches du fil induit, d'examiner s'il existe pour les premières d'entre



elles une situation particulièrement efficace. Supposons donc qu'une couche de fil induit, contenant N tours dans l'unité de hauteur de la bobine, et de rayon ρ soit placée dans l'intérieur des couches inductrices, dont les rayons extrêmes sont a et R. Calculons le coefficient d'induction mutuelle de ce système ; pour cela nous considérerons d'abord les couches intérieures au solénoïde induit de rayon ρ. La totalité des lignes de forces qu'elles contiennent est efficace, et l'une d'elles, de rayon r, donne pour la couche ρ un terme de la forme,

$$\mathrm{KN}n\pi r^2$$

dans la longueur de rayon dr il y a ndr couches, et dans toute l'épaisseur comprise entre a et ρ la somme des termes est :

$$\int_a^\rho \mathrm{KN}n\pi r^2 \times n\,dr = \mathrm{KN}\pi n^2 \int_a^\rho r^2 dr.$$

ou :

$$KN\pi n^2 \frac{\rho^3 - a^3}{3}.$$

Dans les couches extérieures à ρ, les lignes comprises dans la surface $\pi\rho^2$ agissent seules ; les termes dus à chaque couche sont donc tous égaux à :

$$KNn\pi\rho^2,$$

et leur somme, pour les couches allant de ρ à R, est simplement :

$$KNn\pi\rho^2 \times n\,(R - \rho)$$

$$KN\pi n^2\rho^2\,(R - \rho).$$

La valeur totale du coefficient d'induction sera donc :

$$KN\pi n^2 \left[\frac{\rho^3 - a^3}{3} + \rho^2\,(R - \rho)\right]$$

ou :

$$\frac{KN\pi n^2}{3}\,[3R\rho^2 - 2\rho^3 - a^3].$$

Cette valeur très simple ne se complique pas beaucoup par l'introduction au centre de la bobine d'un noyau magnétique, addition faite d'ailleurs à tous les transformateurs employés jusqu'ici. On sait en effet que les lignes de force qui viennent au sein de ce noyau sont seulement plus nombreuses que dans le milieu ambiant, et qu'on peut supposer entre certaines limites que le rapport de leur nombre à ce qu'il serait si l'espace rempli par le noyau était vide est marqué par un coefficient constant C de valeur très considérable.

D'après cela on voit que l'addition d'un noyau de rayon α et a, intérieur par conséquent au cercle de rayon ρ, augmentera simplement le nombre des lignes de force comprises dans celui-ci, d'une valeur de $KNn\pi\alpha^2\,(C - 1)$ par couche inductrice, ou, pour tout l'ensemble :

$$KNn\pi\alpha^2\,(C - 1) \times n\,(R - a),$$

ou

$$KN\pi n^2\,c\alpha^2\,(R - a),$$

en posant $C - 1 = c$: la valeur complète du coefficient d'in-

duction de la bobine transformatrice à noyau magnétique est alors :

$$\frac{KN\pi n^2}{3}\left[-2\rho^3 + 3R\rho^2 - a^3 + 3c\alpha^2 (R-a)\right],$$

dans laquelle on doit regarder c comme ayant une valeur très considérable.

Pour $\rho = R$ cette valeur devient :

$$\frac{KN\pi n^2}{3}\left[R^3 - a^3 + 3c\alpha^2 (R-a)\right],$$

$$= \frac{KN\pi n^2}{3}(R-a)(R^2 + aR + a^2 + 3c\alpha^2),$$

et pour $\rho = a$:

$$KN\pi n^2 (a^2 + c\alpha^2)(R-a).$$

C'est la valeur qui convient aux bobines de Ruhmkorff des laboratoires, dans lesquelles une ou deux couches de gros fil directement enroulées sur le noyau sont placées au centre d'une bobine épaisse de fil très fin.

Afin de voir s'il y a intérêt à placer la première couche ou la couche unique de fil induit en une situation particulière, discutons la valeur du coefficient exprimée en fonction de ρ. Pour rendre cette discussion aussi claire que possible, représentons les variations de ce coefficient par une courbe que l'on peut supposer tracée sur la section longitudinale même de la bobine; de telle sorte que lorsque le solénoïde induit occupera, par exemple, la position représentée par HH', le coefficient d'induction sera donné par l'ordonnée PH. La courbe ainsi définie donne donc, toutes choses égales d'ailleurs, un moyen de comparer les forces électromotrices d'induction développées dans le fil pour toutes ces différentes positions.

On voit aisément que cette courbe :

$$y = (3R\rho^2 - 2\rho^3 - a^3 + 3c\alpha^2 (R-a)),$$

(en supprimant le coefficient constant $\frac{RNn^2\pi}{3}$), a sa tangente horizontale pour $\rho = R$ et s'infléchit au point $\rho = \frac{R}{2}$.

Le coefficient d'induction et la force électromotrice dans le solénoïde induit de rayon ρ atteignent donc un maximum lorsque ce solénoïde enveloppe complètement la bobine inductrice. Cela était d'ailleurs évident *a priori*, et il n'en faut pas conclure que la position la plus favorable pour le fil de quantité serait à l'extérieur de la bobine transformatrice. Il n'en serait ainsi en effet que si la résistance de ce fil était indifférente, ou si on pouvait le prendre aussi gros qu'on veut. En général, le diamètre de ce fil sera donné ou compris entre certaines limites ; et ce qu'il faudra rechercher, ce n'est pas la disposition qui fournit un maximum absolu du coefficient d'induction, mais celle qui donne la plus grande force électromotrice par unité de résistance ou de longueur du fil induit. La longueur de ce fil induit est évidemment proportionnelle au produit $N\rho$, et comme N entre dans le coefficient $\frac{KN\pi n^2}{3}$, la disposition la plus satisfaisante en général *et pour la moyenne des applications*, correspondra au maximum de l'expression :

$$\frac{y}{\rho}.$$

Or il est aisé de voir que $\frac{y}{\rho}$ représente le coefficient angulaire du rayon vecteur OP joignant l'origine au point ou la courbe HH' rencontre la courbe figurative. Ce coefficient angulaire sera maximum quand le rayon vecteur sera tangent à la courbe. Il n'y aura donc de maximum que si l'on peut mener une ou plusieurs tangentes à cette courbe par le point *o*.

Une discussion bien simple ou l'examen de la courbe montre que cela n'a lieu que si la tangente au point correspondant à $l = \frac{R}{2}$ coupe l'axe à droite du point *o*. Cette condition s'exprime analytiquement par :

$$\frac{PH}{f\left(\frac{R}{2}\right)} \text{ et } \frac{R}{2},$$

$$a^3 - 3ca^2 (R - a) + \frac{R^3}{2} > o,$$

On voit qu'elle est difficilement satisfaite dans le cas où il y a un noyau magnétique, à cause de la grandeur de c. Il est plus simple d'ailleurs d'examiner directement comment varie la courbe dans les divers cas. On voit que l'expression de l'ordonnée

$$y = 3R\rho^2 - 2\rho^3 - a^3 + 3ca^2(R - a)$$

se compose d'une partie variable avec ρ et d'une partie constante, la valeur pour $\rho = a$ par exemple. Cette partie constante augmente énormément par l'addition du noyau, puisqu'elle s'accroît du terme en ca^2. L'effet de cette addition dans une bobine donnée est donc de faire remonter la courbe figurative des coefficients d'induction dans l'intérieur de la bobine, en bloc et sans changer sa forme. On voit ainsi que plus l'effet du noyau est marqué, moins il y a de chances pour qu'il y ait une ou deux tangentes passant par l'origine, c'est-à-dire pour qu'il y ait une position avantageuse de la couche de fil induit à l'intérieur de l'enroulement inducteur.

Résumant en quelques lignes cette trop longue discussion, nous pouvons donc déduire des données admises sur les transformateurs à induction les résultats suivants.

Un appareil transformateur composé d'une bobine inductrice de dimensions assez considérables et d'une couche ou d'un petit nombre de couches de fil induit fournira des forces électromotrices variables pour une résistance donnée de ce fil induit, selon sa disposition à l'intérieur ou dans les tours de la bobine.

Lorsque le noyau magnétique sera faible ou nul, il pourra y avoir dans l'enroulement inducteur une position avantageuse pour mettre le fil induit. Le noyau magnétique exerçant au contraire un effet plus considérable, il devient plus utile de laisser ce fil à l'intérieur entre le noyau et le fil fin *absolument comme dans les bobines de Ruhmkorff.*

Les transformateurs à circuits mélangés de MM. Gaulard et Gibbs se trouvent probablement placés dans des conditions assez rapprochées du second des cas que nous avons examinés.

G. Chaperon.

LES APPAREILS NOUVEAUX

A L'EXPOSITION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DE VIENNE

CHEMINS DE FER (*Suite et fin.*)[1]

COMPAGNIE DE CHEMIN DE FER DE BUSCHTEHRADE A PRAGUE

Parmi les appareils exposés par ce chemin, nous décrirons les suivants :

Les *cloches électriques*, installées dans les postes de pleine voie, présentent beaucoup d'analogie avec les appareils du même genre décrits précédemment ; elles se distinguent cependant par la disposition des organes principaux de déclenchement.

Fig. 1. — Mécanisme de déclenchement.

L'appareil de déclenchement (fig. 1) se compose essentiellement d'une roue à cames R calée sur un arbre *a*, ainsi qu'un tambour T

1. Voy. l'*Électricien*, du 1er juin 1884, n° 76, p. 490.

sur lequel s'enroule une corde *t* avec contrepoids à son extrémité libre. Quand la roue R tourne dans le sens de la flèche, les cames *r* agissent sur le levier L relié par un fil d'acier au marteau de la cloche qui se trouve ainsi mis en mouvement.

Normalement, la roue R est immobilisée par le levier *c* qui butte contre le taquet *n* d'un autre levier N (fig. 2). Quand, par

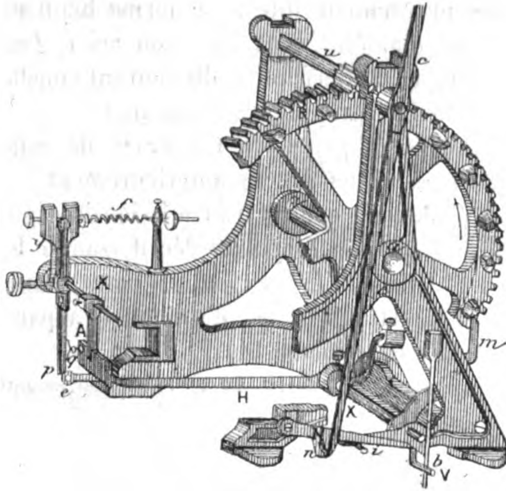


Fig. 2. — Mécanisme de déclenchement.

l'interruption du courant qui circule normalement dans le fil de ligne, la palette A, de l'électro M, est lâchée, le levier H, mobile autour de l'axe *x*, est rendu libre ; l'axe *x* peut alors tourner et transmettre le mouvement à un bras muni de deux goupilles *i* et *v* dont la première maintient le levier N et la seconde appuie contre le ressort *b*. Quand ces divers mouvements s'exécutent, le poids moteur fait tourner la roue R.

Le déclenchement proprement dit est représenté plus en détail figure 2.

La palette *p* maintient normalement le levier H dans sa position horizontale, par l'intermédiaire du petit talon *e*. En cas d'interruption du courant, le ressort *f* agit sur le levier *y* en détachant la palette A ; *p* se trouve alors déplacé de côté et le levier H est rendu libre.

En tournant, les cames *r*, de la roue R, viennent successivement rencontrer la pièce *m* qui, en agissant sur l'axe *x*, rétablit les organes dans leur position initiale. Il en est de même de l'appareil de déclenchement quand le circuit est rétabli.

Tout cet ensemble est disposé dans une boîte en bois que l'on peut installer sous un abri fixé à la paroi extérieure des maisons de gardes.

Les cloches proprement dites, de forme hémisphérique de 0,40 à 0,50 de diamètre, sont faites en acier. Ces appareils fonctionnent lors de l'interruption du courant constant qui circule sur les lignes télégraphiques ordinaires.

Dans les bureaux de gares, on fait usage de *relais* système Leopolder que nous avons décrits antérieurement.

On emploie également pour la transmission des signaux l'*appareil automatique système Leopolder* décrit comme le précédent dans le n° du 1er juin de l'*Électricien*. En outre, dans les postes de pleine voie, il est fait usage d'un autre appareil *système Pozdena*, remplissant le même but.

Ce dernier appareil (fig. 3 et 4) se compose essentiellement,

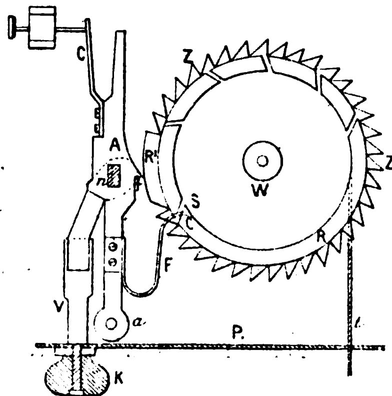


Fig. 3. — Appareil Pozdena.

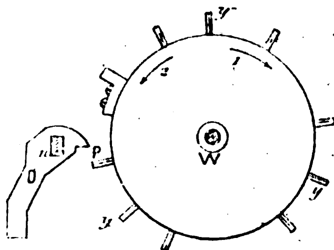


Fig. 4. — Détail.

comme celui de Leopolder, d'un cylindre W à goupilles pouvant tourner sous l'action d'un ressort et que l'on remonte à la main, en tirant sur le cordon *t*.

Sur un guide *n*, fixé à un levier oscillant A, on peut faire glisser la pièce D, en déplaçant le bouton K dans la rainure lon-

gitudinale de la paroi P. Un ressort F, fixé au levier A, porte, à son extrémité libre, une goupille *c* qui pénètre normalement dans une rainure S d'un anneau R, et qui permet aux talons *p* et *q* d'approcher respectivement des dents Z d'un autre anneau R, et des goupilles *y*.

Si l'on tire le cordon *t*, le cylindre W tourne dans le sens de la flèche 1, la goupille *c* sort de la rainure S et frotte contre la surface extérieure de l'anneau en déplaçant les leviers A et D vers la gauche; puis, quand on abandonne le cordon *t*, le cylindre W tourne dans le sens de la flèche 2, la goupille *c* qui pénètre de nouveau dans la rainure de l'anneau R, permet à l'ensemble mobile d'osciller autour de l'axe *a*.

Suivant la nature du signal à transmettre, la pièce D aura été amenée vis-à-vis la série de goupilles correspondante. Au passage de cette pièce devant le talon *q*, tout le système oscillera. Le ressort *c* sera donc alternativement au contact et distant de la vis *g*, en produisant des ruptures successives de courant.

Comme on le voit, cet appareil présente beaucoup d'analogie avec l'appareil Leopolder; mais ici, les coups de cloche correspondent aux intervalles des goupilles.

Cet appareil a été complété d'un répétiteur formé d'un disque peint en blanc et rouge. L'une des deux couleurs apparaît, suivant les cas, à une fenêtre pratiquée dans l'enveloppe de l'appareil.

En présence des rampes excessives de la ligne de Buschtehrade à Prague, les ruptures d'attelages y sont relativement fréquentes; aussi pour prévenir rapidement les agents intéressés des accidents de cette nature, on installe, à chaque poste de garde de pleine voie, un appareil spécial, qui permet de transmettre d'une manière certaine et par une seule manœuvre très simple, un signal spécial.

Cet appareil (fig. 5 et 6), fixé sur un support B, se compose essentiellement d'un mouvement d'horlogerie avec tambour T sur lequel s'enroule une corde *t*, terminée par un bouton K. Le tout disposé entre les deux plaques métalliques D et E.

Un ressort F, fixé sur une pièce A, porte à sa partie supérieure une équerre Y maintenue normalement et par son propre poids dans la position indiquée sur la figure. Cette équerre peut tourner de haut en bas seulement autour de l'axe *a*.

Quand on tire sur le cordon *t*, le tambour T tourne dans le sens de la flèche, le mouvement d'horlogerie se trouve remonté et les goupilles S abaissent l'extrémité de la branche supérieure de l'équerre Y.

Si l'on vient à abandonner le bouton K, le mouvement tourne

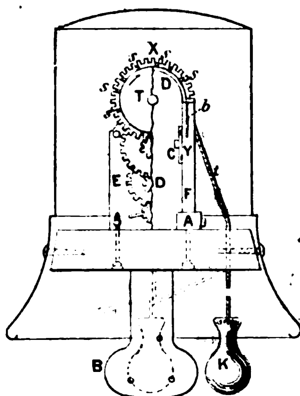


Fig. 5. — Vue de face.

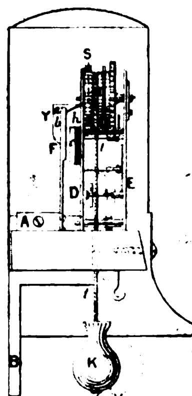


Fig. 6. — Vue de côté.

en sens contraire et les goupilles forcent l'équerre Y et le levier F à se déplacer légèrement vers la gauche en s'éloignant du contact C et en interrompant le courant. Chaque interruption produit un coup de cloche à tous les postes intéressés. Les agents prévenus prennent les dispositions nécessaires pour arrêter les wagons en dérive.

Les *disques électriques* système *Langié*, en usage sur cette ligne, fonctionnent sous l'action de courants émis par un inducteur Siemens.

Ces appareils d'une hauteur totale de $4^m,30$ sont formés d'une pyramide quadrangulaire de $1^m,70$ de hauteur supportée par un socle en maçonnerie. Dans l'axe et à la partie supérieure de la pyramide, on remarque un disque en tôle, de $0^m,50$ de diamètre environ et formant le signal proprement dit.

Le mécanisme moteur de ces appareils est représenté figure 7. Il se compose essentiellement d'une roue R montée, ainsi que le tambour T, sur un axe *a* et qui se trouve sollicitée à tourner dans le sens de la flèche, sous l'action d'un poids fixé à l'extrémité de la corde *t* enroulée sur le tambour.

Normalement cette rotation est empêchée par une pièce N, mobile autour de l'axe O et dont l'extrémité supérieure n pénètre dans l'une des encoches c de la roue R. La tige N, en outre, supporte l'axe b_0 d'un levier b_1 b_2 dont l'extrémité b_2 s'appuie également contre la circonférence de la roue R.

Quand on envoie un courant dans l'électro M, l'armature A se

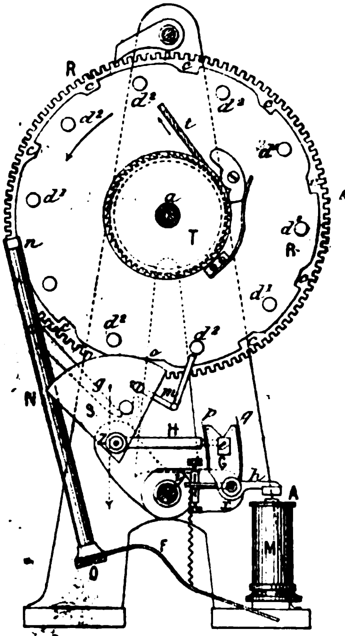


Fig. 7. — Disque Langié.

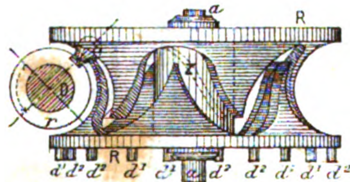


Fig. 8.

trouve attirée. La pièce G, calée sur l'axe x de cette armature, oscille de gauche à droite; puis, quand le courant cesse, l'armature oscille de droite à gauche en reprenant sa position primitive. Or, la première oscillation a pour effet de faire échapper l'extrémité du levier H, du bec q de la pièce G; la seconde, du bec p. Le levier H est alors rendu libre ainsi que le secteur S, calé sur le même axe 2 et dont le centre de gravité g est à gauche de cet axe. Le secteur S oscille donc vers la gauche et une goupille i, en agissant sur le bras b_1, dégage la roue R qui peut tourner sous l'action du poids moteur.

La rotation se continue jusqu'à ce que le disque supérieur ait

décrit 90 degrés ; alors une goupille *d*, en agissant sur l'équerre *m*, ramène le secteur S dans la position initiale et permet au ressort F

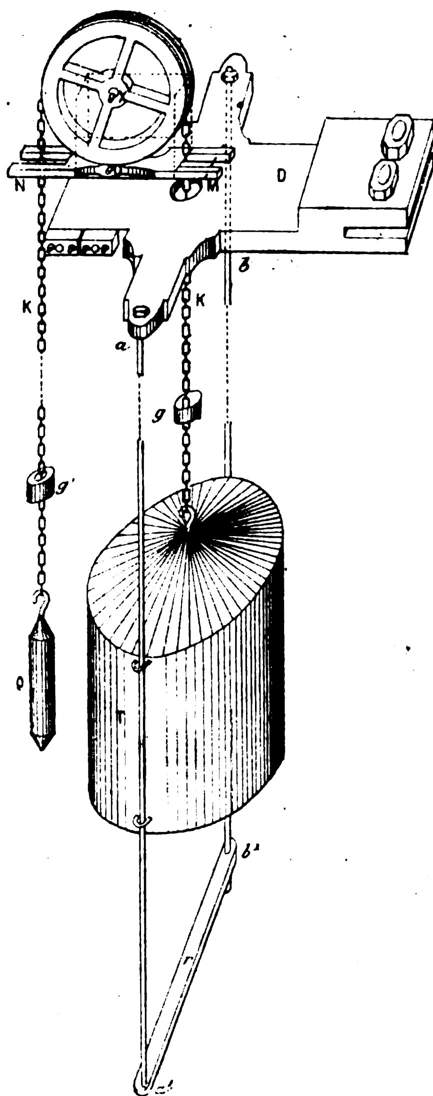


Fig. 9. — Contrôleur de niveau d'eau, système Leopolder.

de rappeler le levier N qui vient de nouveau s'opposer au mouvement du disque R jusqu'à la prochaine émission de courant.

Le mouvement de la roue R est transmis à l'axe qui supporte le disque proprement dit par le dispositif représenté figure 8.

Un bouton pyriforme *r*, vissé sur l'axe D du mât, engrène avec une rainure pratiquée dans la gorge d'une large poulie concentrique à la roue R. Quand cette roue tourne d'un dixième de tour, le bouton *r* décrit l'un des côtés d'un chevron et fait exécuter un quart de tour à l'arbre du signal. Tout le mécanisme est régularisé à l'aide d'un système d'engrenages mettant en mouvement un régulateur à ailettes.

Le *contrôleur de niveau d'eau* système Leopolder, figures 9 et 10, employé dans les stations de cette ligne, est formé d'un

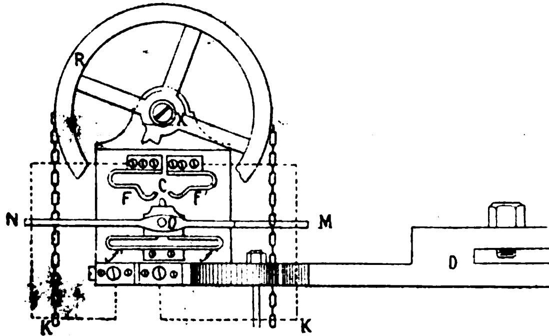


Fig. 10. — Contrôleur de niveau d'eau, système Leopolder.

flotteur T, suspendu à l'extrémité d'une chaîne K, passant sur une poulie R et dont l'autre extrémité supporte un contrepoids Q. Le flotteur est guidé par deux tiges a a_1 et b b_1 fixées, à leur partie supérieure, au support D.

Quand le niveau de l'eau arrive à sa hauteur maximum, un manchon *g*, fixé sur la chaîne, soulève l'extrémité M de la pièce M N, normalement maintenue dans une position horizontale par les deux ressorts *f* et f_1, et le contact *c* vient toucher le ressort F en fermant le circuit d'une pile sur une sonnerie.

Le mécanicien est ainsi prévenu que le réservoir est plein et qu'il doit cesser l'alimentation.

Un effet identique est produit par le manchon *g* lorsque le réservoir se vide. Le contact C appuie alors contre le ressort F. Les deux sonneries doivent avoir des sons différents.

Pour terminer nous dirons encore quelques mots des *paratonnerres système Kohlfürst.* Ces appareils très simples sont formés, figures 11 et 12, chacun d'un tube en verre R fermé à ses deux

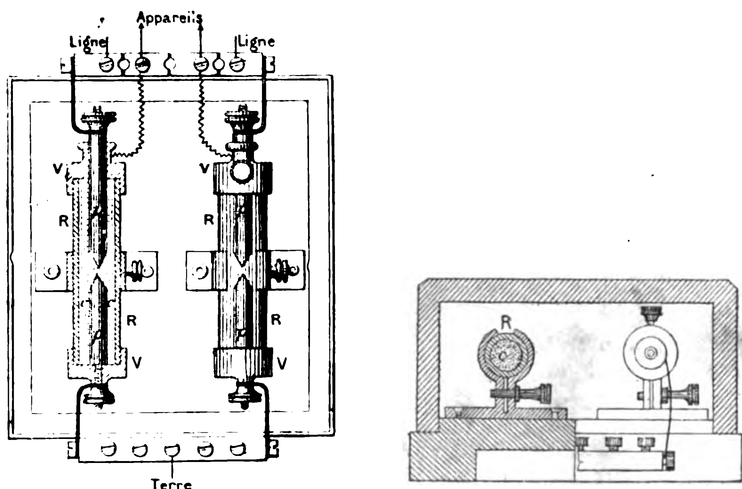


Fig. 11 et 12. — Paratonnerres système Kohlfürst.

extrémités par une douille en laiton V. Ces douilles sont percées d'un trou livrant passage à une tige métallique *p*. Les pointes de ces tiges sont distantes d'environ un millimètre. Le reste du tube R est rempli d'un mélange *c* de charbon de bois moulu et de magnésie, dont la conductibilité est si faible qu'il ne produit normalement aucune perte du courant électrique ; mais si l'étincelle de foudre passe entre les deux pointes, il devient incandescent et momentanément conducteur.

TRAMWAY ÉLECTRIQUE

Nous ne pouvons pas clore cette revue des appareils de chemins de fer qui figuraient à l'exposition de Vienne, sans dire quelques mots du tramway électrique de MM. Siemens et Halske qui amenait les visiteurs au portail Nord de la rotonde.

Ce tramway, bien que circulant sur le sol, devait être, en réalité, considéré comme une ligne aérienne descendue de ses colonnes.

La largeur de la voie était de 1 mètre. La ligne qui partait de la Schwimmschulallée, près des glacières de la brasserie Kuffner, passait derrière le poste de police, faisant une courbe de 300 mètres de rayon à travers la pelouse dite Feuerwerkswiese, coupait la Feuerwerksallée et après avoir franchi un autre chemin, moins fréquenté, passait devant le réservoir d'eau et arrivait au portail Nord de la rotonde.

Les rails isolés sur des traverses en bois, posées sur le sol, servaient de conducteurs entre les dynamos primaires installées à l'intérieur de l'exposition et les dynamos secondaires portées par les véhicules.

Les voitures, analogues à celles des tramways de Vienne, contenaient chacune 30 voyageurs ; comme elles circulaient deux ensemble, on transportait donc 60 personnes par voyage.

A la vitesse de 30 kilomètres à l'heure, il fallait 3 à 3 minutes 1/2 pour parcourir la ligne dont la longueur totale mesurait 1 kilomètre et demi.

Les rails, à l'endroit des allées transversales, étaient normalement en dehors du circuit. A l'approche de chaque convoi, un disque, en se mettant à l'arrêt, interdisait automatiquement le passage des véhicules, perpendiculairement à la voie ferrée, et les rails se trouvaient intercalés dans le circuit.

Ce tramway a eu un très grand succès; son fonctionnement a été parfait, même par les temps de pluie. L. Chenut.

LE TÉLÉGRAPHE BAUDOT

LE TRADUCTEUR

Ce nouvel appareil a été étudié et construit dans les ateliers Carpentier. Il possède un seul système imprimeur, tandis que les récepteurs doubles que nous avions vus fonctionner à l'Exposition d'électricité de 1881 impriment deux dépêches différentes.

Nous savons que, dans la transmission multiple, cet appareil reçoit des relais actionnés par le poste correspondant des courants locaux qui agissent sur ses électro-aimants ; les signaux

sont traduits, c'est une fonction locale, absolument indépendante de la ligne : c'est donc avec raison que M. Baudot a appelé cet organe le *traducteur*.

La figure 1 en donne une vue d'ensemble forcément un peu réduite par le cadre de cette revue; les figures 2, 3, 4, en faciliteront l'étude.

L'inconvénient principal du récepteur double était que, si sa

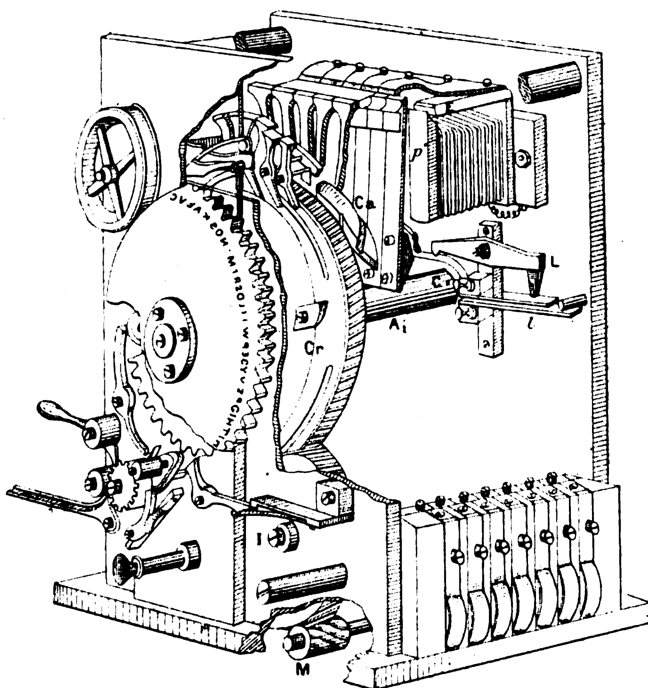


Fig. 1. — Traducteur Baudot.

vitesse venait à s'écarter d'un demi-tour de celle du distributeur, les signaux de la dépêche reçue par l'imprimeur numéro 1 passaient sur l'imprimeur numéro 2, et réciproquement; c'était une cause d'erreurs. Le traducteur n'imprimant qu'une seule dépêche peut se permettre des écarts de presque un tour. Il a les mêmes dispositions que son prédécesseur en ce qui concerne : 1° ses rapports de synchronisme avec le distributeur; 2° ses 5 électro-aimants adjoints au combinateur; et 3° un système imprimeur

identique. Son combinateur a une forme nouvelle, très ingénieuse, que nous étudierons en détail; c'est toujours la pièce la plus curieuse de l'instrument.

L'appareil est très simple comme mécanisme : l'axe moteur M, une roue intermédiaire I, et l'axe imprimeur *Ai*. Le combinateur C*r* est monté sur l'axe A*i* ; une came C se trouve à l'autre bout du même axe, elle agit par le levier L sur les lames *ll* qui ferment le circuit du frein électrique, une fois par tour. Le frein est constitué par un électro-aimant placé sur le socle du traducteur, dont l'armature agit par frottement sur un petit volant monté

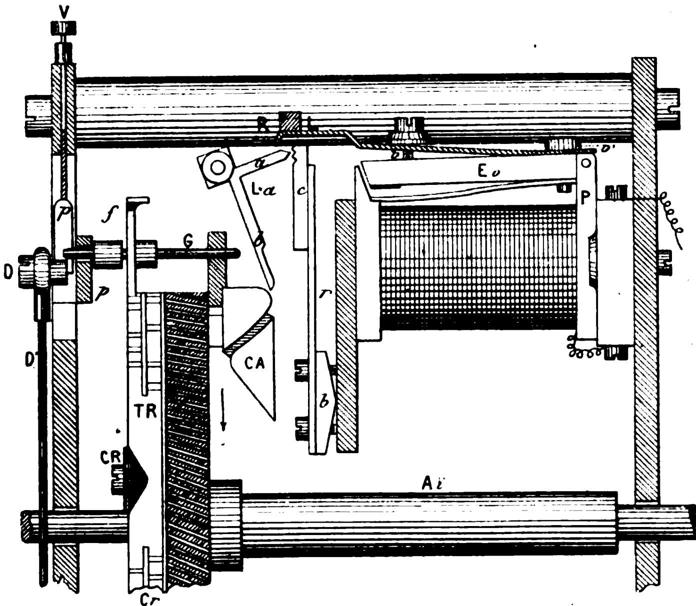


Fig. 2. — Traducteur Baudot. Vue de côté.

sur l'axe moteur. Un régulateur à force centrifuge est à l'extrémité de cet axe, qui tourne dix fois plus vite que la roue des types; il fonctionne, ainsi que le frein, identiquement comme dans l'ancien récepteur double ; nous n'insisterons donc pas sur ces deux organes. Sur la platine antérieure on voit (fig. 3) le système imprimeur : roue des types R*t*, roue d'engrenage du levier imprimeur R*i*, projection et avancement du papier, tout y est resté le même et a été décrit en détail dans ce journal.

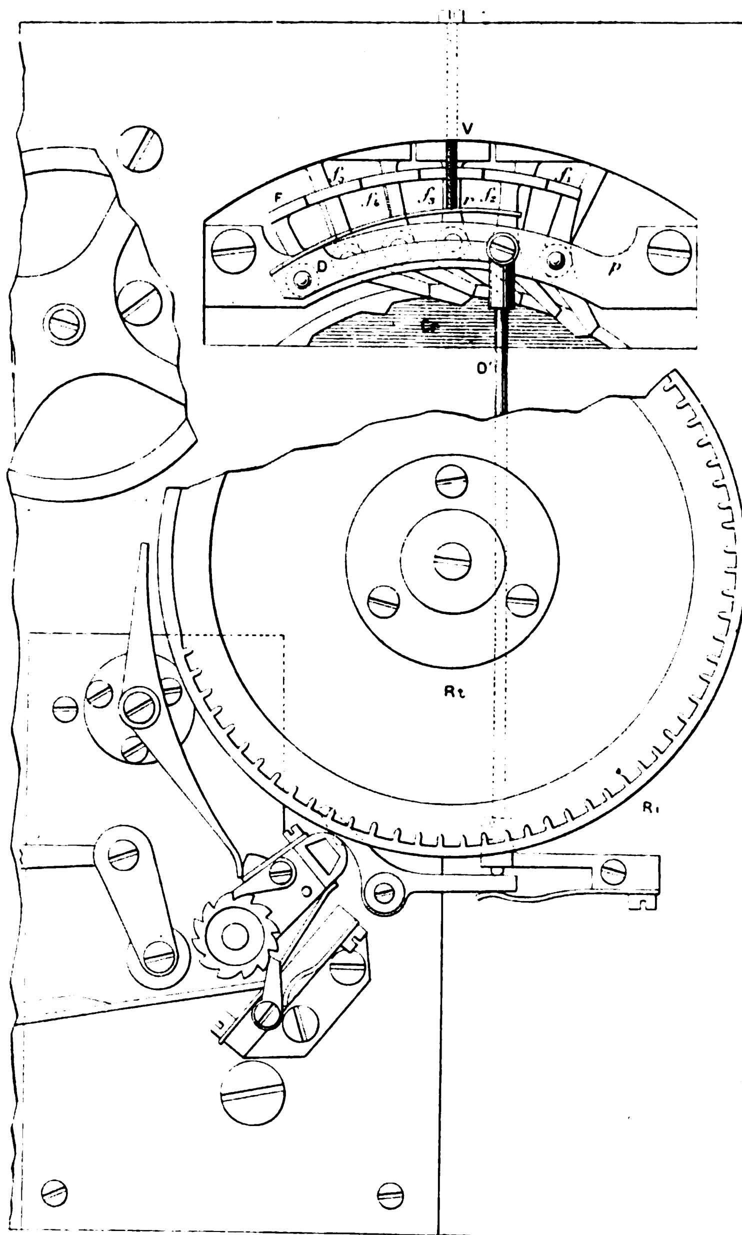


Fig. 3. — Traducteur Baudot. Vue de face.

L'appareil se compose de deux parties distinctes et indépendantes qui sont superposées: 1° le socle, en bois, qui est fixe, et auquel on attache les communications électriques ; il contient le moteur, électrique ou à poids (il n'est pas représenté dans nos dessins) ; 2° le traducteur proprement dit, qui se place sur un socle ou sur un autre, dans une position déterminée par deux goupilles en pointes; il ne contient que la roue intermédiaire et l'axe imprimeur.

Le socle. — La prise des communications se fait en même temps qu'on pose le traducteur sur le socle, de la manière suivante (fig. 4) : le socle porte deux réglettes d'ébonite, une de chaque côté, I, à travers lesquelles passent des plots de cuivre C ; les fils de communications se vissent à l'extérieur, et les extrémités intérieures sont arrondies et font saillie ; le traducteur porte deux réglettes symétriques I' également en ébonite et contenant des plots C' auxquels se vissent les communications intérieures d'une part, et d'autre part des lames flexibles qui viennent presser contre les plots du socle. Un accident arrive-t-il au traducteur ? on l'enlève, sans même arrêter le moteur, on le répare pour le replacer aussitôt, ou bien on le remplace par un autre en bon état. Ainsi M. Baudot assure dans son appareil non seulement la durée du bon fonctionnement et des réglages, mais la rapidité des réparations en marche, qui est indispensable dans un appareil multiple où toutes les minutes sont comptées.

On a des socles contenant des moteurs à poids et d'autres portant un moteur électrique.

Moteur à poids. — Le moteur à poids se compose d'un bâti de fonte recouvert par le socle de bois, et qui contient le remontoir et les rouages d'accélération. Le remontoir est analogue à la pédale magique ; un disque D tourne dans un barillet B ; il présente à sa circonférence (fig. 5) quatre entailles *a* qui vont en s'approfondissant dans le sens contraire de celui des aiguilles d'une montre ; 4 galets d'acier G sont logés dans ces entailles, entre le disque et le barillet dont il a le diamètre intérieur. Quand, sous l'action de la pédale, le disque tourne vers la droite, les galets, poussés vers la partie la plus étroite de leur logement

par un boudin *b*, se coïncent dans cette partie moins large que leur diamètre, et il y a entraînement du barillet par le disque. Lorsque la pédale remonte, le disque retourne vers la gauche, laissant en place le barillet, qui fait corps avec l'engrenage moteur. Le poids pèse 50 kilogrammes, et il tombe en deux minutes et demie à la vitesse de 150 tours. Le poids de l'appa-

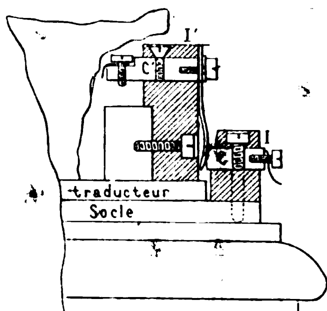


Fig. 4. — Traducteur Baudot. Prise des communications entre le traducteur et le socle.

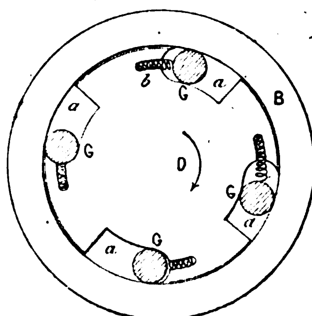


Fig. 5. — Barillet du moteur à poids.

reil Hughes tombe en trois minutes à 120 tours, le rapport est le même, mais il pèse 60 kilogrammes au lieu de 50.

Moteur électrique. — On installe les appareils multiples sur les lignes les plus chargées, naturellement; il faut alors que les traducteurs tournent de huit heures du matin à neuf heures du soir sans arrêt; on comprend que dans ces conditions on ait cherché à remplacer le moteur à poids par le moteur électrique. M. Baudot y est arrivé, mais non sans difficultés. Ces difficultés provenaient de la source électrique : il a d'abord fait usage de piles Bunsen, qui donnent d'abord un coup de fouet, puis vont en s'affaiblissant rapidement; la vitesse n'était obtenue d'une façon régulière qu'avec des changements de réglage et de piles continuels; il faut ajouter à cela le désagrément de l'entretien des piles, qu'il fallait refaire deux fois par jour. La pile la plus constante serait la pile Thomson; on la remplace dans l'Administration des télégraphes par le matériel ordinaire, c'est-à-dire les éléments Callaud ; on les groupe en plusieurs séries pour diminuer la résistance. A Vienne, le Baudot était mû par des

piles Beaufils, d'abord, puis par des accumulateurs Barrier et Tourvielle. Au bureau central de Paris, une courroie transmet à l'axe moteur le mouvement d'une turbine Humblot.

Le moteur électrique est formé d'une bobine Siemens, tournant entre les branches d'un aimant vertical logé dans le socle; deux balais et deux coquilles lui amènent le courant. Cette bobine est montée directement sur l'axe moteur M.

Que l'on emploie un socle électrique ou mécanique, l'axe moteur occupe toujours la même position, et son pignon engrène toujours parfaitement avec la roue intermédiaire du traducteur. Remarquons que ces engrenages sont obliques, ce qui assure une plus grande régularité dans le mouvement.

Réception des signaux. — Avant d'entrer dans l'étude détaillée du traducteur, reportons-nous à la figure 6, qui nous montre les relations du récepteur avec le distributeur dans la transmission multiple.

Le secteur B, desservi par le récepteur considéré, étant disposé pour recevoir, le commutateur M du manipulateur occupe la position de réception *n*. Les courants venant de la ligne en M arrivent par *n* à la lame contre laquelle s'appuient au repos les ressorts *r*, chargés de l'impression au départ. Ces ressorts étant relevés, les courants de ligne les traversent et arrivent aux cinq contacts de la rangée 3 du distributeur. Au fur et à mesure du passage sur ces contacts des balais 3 et 4, ces courants peuvent aller successivement dans les relais 1, 2, 3, 4, 5. Pour que le signal produit dans ces relais soit le même que celui qui a été fait au départ, il faut bien entendu qu'il y ait eu synchronisme entre les deux distributeurs, de façon (en négligeant la durée de la propagation) que lorsque les balais de transmission de Lyon étaient sur le contact 1, ceux de Paris étaient aussi sur le contact 1, etc.

Les armatures des relais sont déplacées, elles restent dans cette position. Un instant plus tard, la pile dite des relais se trouve reliée aux 5 armatures pour une durée de 3 contacts seulement, par les balais 6 et 7; le balai 7 prend la communication avec la pile à la septième couronne et la donne à la sixième, aux contacts successifs reliés soit aux frappeurs de cadence des

manipulateurs, soit aux différents groupes de relais. Pendant la durée de cette communication, le courant de la pile traversera

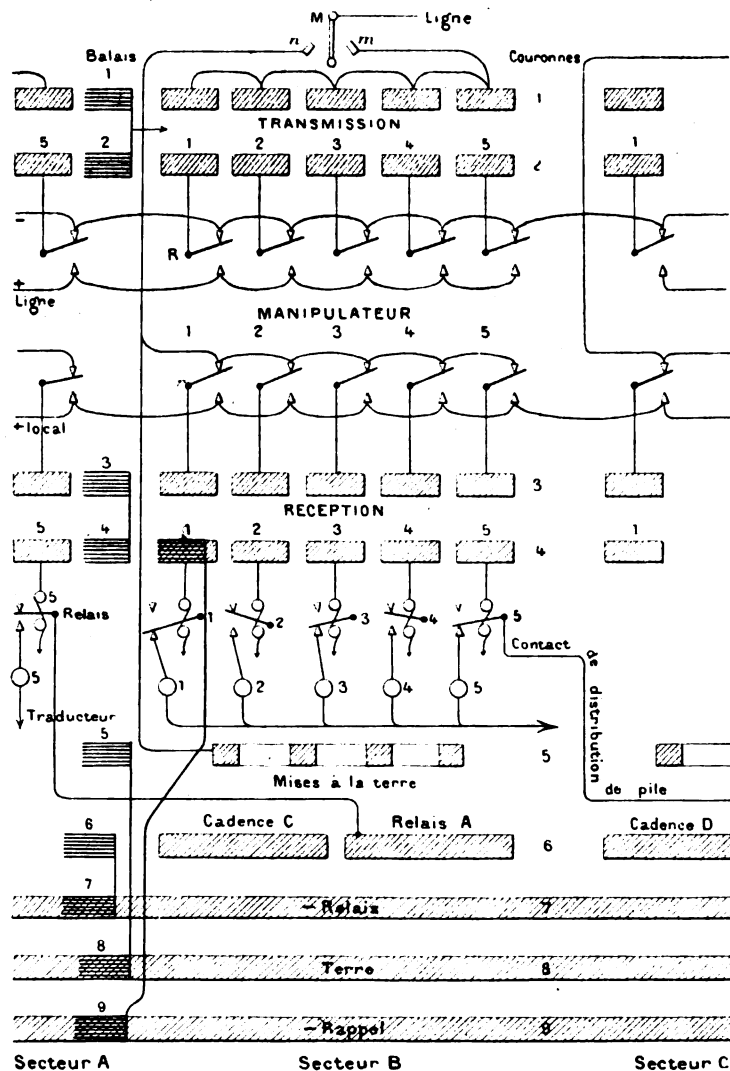


Fig. 6. — Diagramme des communications d'un secteur du distributeur, dans le télégraphe multiple Baudot.

ceux des électro-aimants du traducteur qui correspondent au

butoir de travail d'une des armatures de relais déplacées. Si on a fait la lettre T, les 1er, 3e et 5e électro-aimants fonctionneront. Un tour plus tard, le balais 4bis, qui devance le balai 4, rappelle au repos ces armatures. Les deux mouvements d'aller et de retour de l'armature se font donc quand elle n'est pas reliée à la pile, M. Baudot évite ainsi les étincelles au butoir, nuisibles à la sûreté des contacts.

Orientation du traducteur. — Voilà les signaux *emmagasinés*. Ils vont être traduits par l'organe appelé le combinateur. Il faut que cet organe fasse un tour pour trouver chaque lettre; les électro-aimants doivent donc avoir reçu l'indication du signal avant que ce tour commence; pour permettre au traducteur une variation de vitesse d'un demi-tour dans un sens ou dans l'autre, on fera arriver les courants un demi-tour avant le début de la révolution du combinateur. Ce résultat est obtenu par l'orientation du traducteur; on a deux points de repère, la came du fermeur du frein électrique, montée sur le rouage du récepteur, d'une part, et la position du contact du distributeur qui donne le courant au frein, d'autre part. Supposons que le contact de la distribution de pile qui dessert les relais du secteur B considéré soit un quart de tour plus loin que le contact qui actionne les freins, nous verrons le frein agir un quart de tour avant les électro-aimants; alors nous fixerons la position de la came à un quart de tour après le début de la révolution du combinateur, c'est à ce moment que le frein agira; quand le combinateur aura fait un quart de tour de plus, le signal à traduire arrivera, il sera bien emmagasiné, comme nous le désirons, un demi-tour avant que le combinateur recommence son opération. On comprend aisément que puisque dans le distributeur la distance entre le contact des freins et chacun des secteurs diffère, l'orientation du traducteur doit différer également; la position de la came du traducteur B ne sera pas la même que celle de la came du traducteur A.

(*A suivre.*) L. Baradel.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

EXPOSITION D'ÉLECTRICITÉ A PHILADELPHIE. — Des articles détaillés et illustrés concernant cette prochaine exposition ont déjà paru dans les colonnes de ce journal (pages 180, 282 et 464 du tome septième) ; nos lecteurs sont donc bien renseignés à ce sujet.

La Commission des appareils historiques de cette exposition fait un appel à tous ceux qui possèdent des appareils électriques pouvant figurer dans la collection.

L'Institut de Franklin, Philadelphie, désire, à l'occasion de l'Exposition d'électricité, exhiber dans la halle du *Franklin Institute* une collection aussi complète que possible de tous les premiers appareils électriques et originaux, qui puissent être convenablement groupés dans une collection historique.

Au reçu d'une notification de la nature et de l'importance des objets qu'il est proposé d'envoyer, la Commission fournira, dans le cas où un espace convenable pourrait être réservé, des formes en blanc, ainsi que les renseignements nécessaires pour le transit des appareils.

La Commission prend à sa charge les frais de transport aller et retour, et promet d'avoir le plus grand soin des appareils qui leur seront confiés, les assurant pour la valeur qui est désignée par leurs propriétaires.

Chaque pièce ou partie d'appareil devra être distinctement marquée du nom de l'inventeur ou de l'investigateur, et porter la date à laquelle l'appareil a été mis en usage, ainsi qu'une mention des titres et dates des communications aux sociétés scientifiques, décrivant les recherches dans lesquelles il a été employé, et les découvertes auxquelles il a contribué.

Un catalogue descriptif sera préparé, d'après ces renseignements, et distribué gratuitement au public.

Les objets seront réexpédiés par les soins de la Commission.

Une autre Commission, celle de la bibliothèque commémorative de l'Exposition internationale d'électricité de 1884, a été nommée avec la mission d'obtenir, pour l'exposer, une bibliothèque aussi complète que possible de tous les ouvrages relatifs à la science électrique.

Cette collection sera convenablement cataloguée et exposée ; à la clôture de l'Exposition, elle sera placée dans la bibliothèque du *Franklin Institute* et désignée sous le nom de *The Memorial Library of the International Electrical Exhibition*.

La Commission désire recevoir des exemplaires de tous mémoires originaux sur des sujets se rapportant à la science électrique ainsi que toutes publications, mémoires, réimpressions ou notes publiés par les donateurs.

Le catalogue sera publié, les ouvrages seront dûment exhibés, et le nom des donateurs mentionné.

Les envois peuvent être adressés aux soins de M. F. Ransome, Rushmere Lodge, Lower Norwood (Surrey) London, ou au *Committee on Bibliography, Franklin Institute, Philadelphia, U. S. A.*

La question des fils aériens en cour d'appel. — Dans le dernier numéro de ce journal, nous avons donné (page 545), un résumé du jugement prononcé dans le procès en première instance du *Board of Works* de la commune de Wandsworth contre la *United Telephone C°*.

L'exécution dudit jugement avait été suspendue, en vue d'un appel prochain et probable.

Cette cause venait, en effet, devant la Cour d'appel, les 12 et 13 courant ; et, dans la dernière de ces deux séances, un jugement était prononcé, infirmant le jugement de première instance, de sorte que le droit d'une Compagnie ou d'individus particuliers de suspendre des fils téléphoniques ou autres, au-dessus des maisons et rues, à des hauteurs raisonnables et dans des conditions convenables se trouve établi. A moins toutefois qu'une décision adverse de la Chambre des lords ne détruise cet heureux état de choses.

Éclairage électrique. — Le *Metropolitan Board of Works* qui le premier se lançait, en décembre 1878, dans des expériences d'éclairage public à l'électricité, vient de mettre à l'adjudication l'entreprise de l'éclairage, par l'électricité, du quai de la Tamise connu sous le nom de *Victoria Embankment*, et du pont connu sous le nom de *Waterloo Bridge*.

Le quai doit être éclairé par 40 foyers (de Westminster à Blackfriars) et le pont de Waterloo au moyen de 10 foyers. C'est-à-dire qu'à chaque foyer Jablochkoff installé depuis 1878, on substituera un foyer d'un autre système. La durée du contrat est de trois années, et la durée de l'allumage de six heures par jour à partir du coucher du soleil.

Les soumissionnaires devront indiquer le système qu'ils se proposent d'employer et mentionner le prix par heure et par lampe auquel ils se proposent de maintenir l'éclairage en question.

Nous ne pouvons que plaindre les malheureux qui se laisseront prendre au piège. Une entreprise d'éclairage de 50 foyers ne saurait

être rémunératrice. De plus, un éclairage électrique de 50 foyers, placés en ligne droite, ne donnera jamais de résultats satisfaisants; le gaz étant parfaitement suffisant pour cette application. En effet, chaque bec de gaz, dans les installations actuelles d'éclairage, est calculé pour éclairer une certaine surface ; si ce bec est remplacé par un foyer à incandescence de puissance équivalente, la substitution ne peut se faire avec avantage, surtout sur une échelle aussi réduite; s'il l'est par un foyer à arc lequel doit forcément être d'une puissance relativement considérable, il ne peut l'être économiquement car les exigences d'un éclairage en ligne droite obligent à l'emploi d'un grand nombre de foyers avec ce résultat que la lumière est trop vive au pied du foyer, et médiocre au milieu de la distance qui sépare deux foyers. C'est ce que tout observateur pourra constater dans la portion de la *City* éclairée par le système Brush. On ne saurait rien voir de plus misérable comme aspect.

L'éclairage des quais de la Tamise, dans les conditions où le *Metropolitan Board of Works* l'exige, ne correspond guère qu'à un projet d'illumination. Le coup d'œil d'ensemble, lorsque la ligne des foyers électriques est vue en enfilade, a certainement de quoi charmer un provincial, mais d'éclairage il n'y faut point songer: d'un côté, le fond noir de la Tamise, de l'autre, des arbres interceptant la lumière, et aucune construction pour recevoir et refléter la lumière. La seule excuse d'un pareil arrangement réside dans le fait que le *Board of Works* ne s'était décidé à adopter l'éclairage électrique dès l'origine, que dans le but de le soumettre à une épreuve suivie, et à des expériences instructives alors que la science était toute nouvelle.

Le but de la présente adjudication n'est plus, croyons-nous, le même, le *Board* se proposant, maintenant que les expériences ont eu lieu, de remplacer un éclairage par un autre. Comme résultat, le *Board* aurait pu faire beaucoup mieux, et comme entreprise commerciale nous répétons que nous ne pouvons que plaindre ceux sur qui le choix du *Board* tombera, à moins qu'à la longue on ne réussisse à gagner sur une entreprise occasionnant des pertes journalières.

Bibliographie. — Une nouvelle publication électrique intitulé *The Canadian Electrical News* paraît, à Montréal (Canada), tous les quinze jours.

Ce journal, qui en est à son sixième numéro, est encore à l'état embryonnaire. Il est édité par M. J. Horn, et publié par MM. Hart Brothers et C°, de Montréal.

Nous lui souhaitons la bienvenue, et tout succès. J. A. Berly.

RÉCENTS PROGRÈS

DANS LES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

PAR LE PROFESSEUR SILVANUS P. THOMPSON
DE L'UNIVERSITÉ DE BRISTOL[1]

(2e ARTICLE, *suite et fin*).

Ici se posent naturellement deux questions : — Pourquoi se produit-il ainsi dans l'anneau des inductions nuisibles ; et comment peut-on les éviter ?

Les recherches du docteur Isenbeck fournissent la réponse sur ces deux points. Le docteur Isenbeck a calculé d'après les lois du potentiel magnétique le nombre des lignes de force coupées aux différents points du trajet de l'anneau. Il a trouvé que l'expression mathématique compliquée correspondant à ce cas présente, quand on la discute, des valeurs négatives pour des angles compris entre 12 et 90 degrés. Les courbes des valeurs qui satisfont à ses équations présentent des minima exactement dans les mêmes régions que celles révélées par ses expériences. Ce résultat est aussi satisfaisant que possible. Mais on peut arriver aux mêmes conclusions d'une manière beaucoup plus simple en considérant la forme et la distribution des lignes de force magnétique dans le champ inducteur. La figure 7 représente à la fois ces lignes de force et la bobine d'exploration dans la même position que dans la figure 4. La simple inspection montre qu'à 0° un certain nombre de lignes de force pénètre la bobine d'exploration. A mesure que la bobine dans son mouvement circulaire se meut vers le pôle S, le nombre de ces lignes de force commence par augmenter, puis il devient un instant stationnaire sans croître ni décroître ; après quoi on constate une rapide décroissance qui, au moment où la bobine passe au point 90°, se traduit par une absence complète de lignes de force à travers la bobine. Mais au même instant les lignes de force recommencent à se presser de l'autre côté de la bobine et leur nombre, bien qu'elles aient une direction négative, augmente jusqu'à ce que la bobine soit arrivée à peu près à la position marquée T, où les lignes de force sont approximativement tangentielles à sa direction ; ici alors il y a inversion parce que, à partir de ce point en allant jusqu'à

[1] *Journal of the Society of Arts*, mars 1884.

180°, le nombre des lignes de force coupées par la bobine va en diminuant. On voit ainsi que ces inversions d'induction doivent nécessairement se produire pour une petite bobine tournant dans un champ magnétique où les lignes de force sont distribuées suivant des courbes et avec l'inégale densité d'un champ magnétique ainsi constitué. Le remède est tout indiqué ; il suffit de réaliser un champ

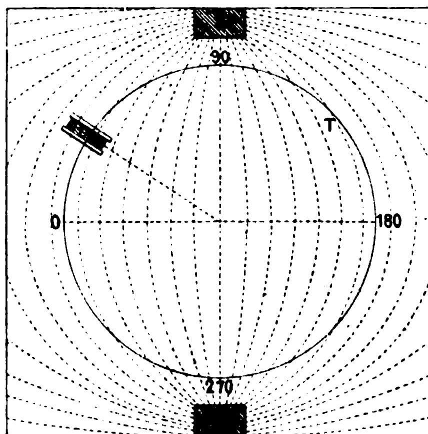


Fig. 7.

magnétique plus uniforme, offrant des lignes de force plus également distribuées et plus droites.

Si à l'âme de bois on substitue un noyau de fer, l'induction utile est plus considérable et la fausse induction est moindre ; il y a bien encore une inversion, mais elle se produit à 25° environ du pôle et est tout à fait insignifiante. L'introduction de pièces polaires en fer s'étendant en deux arcs à peu près semi-circulaires de part et d'autre de chacun des aimants a pour effet, dans le cas du maintien du noyau en bois, de modifier complètement l'induction, de sorte que la courbe, au lieu de présenter un maximum à 90° de son point de départ, en présente un vers 10° et un autre à 170°. Mais si on fait simultanément la double modification en employant à la fois les pièces polaires en fer et le noyau annulaire en fer, l'effet change immédiatement. Il n'y a plus d'inversion bien que l'induction présente encore certaines particularités. La figure 8 représente la courbe afférente à ce cas donnée dans le travail du docteur Isenbeck, et la figure 9 la courbe de potentiel intégrée d'après elle par le professeur Silvanus Thompson. L'inspection de la figure 8 montre qu'à partir de 0° l'induction commence par croître pour atteindre un

maximum vers 20° où la bobine arrive en face de l'une des extré-

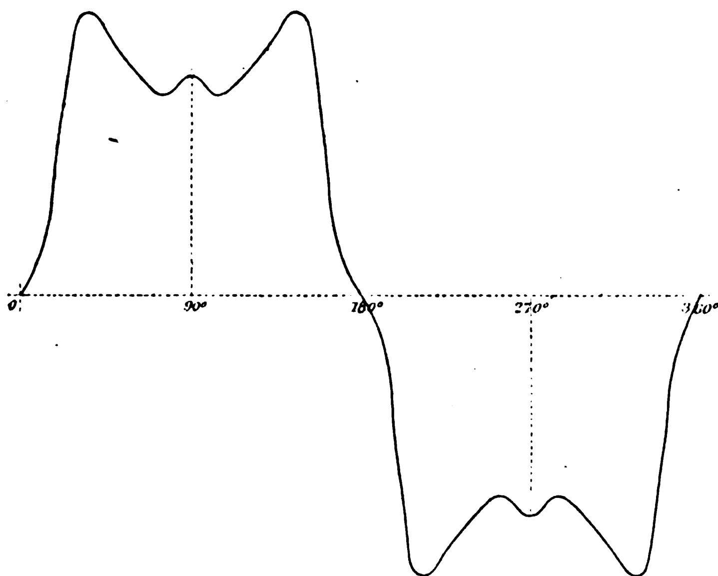


Fig. 8. — Courbe de l'induction.

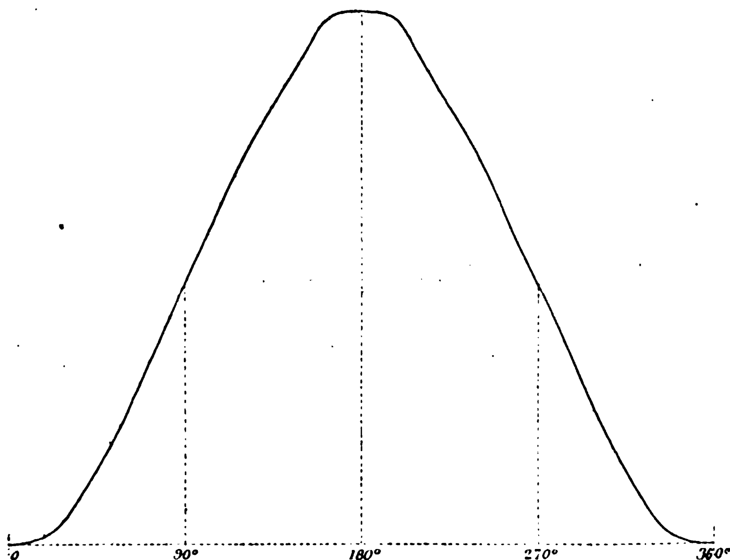


Fig. 9. — Courbe du potentiel.

mités de la pièce polaire enveloppante. A partir de ce point, bien

que l'induction soit un peu moindre, elle possède encore une valeur élevée, présentant un léger accroissement momentané lorsque la bobine passe devant le pôle à 90°, et on trouve un autre maximum vers 160 degrés quand la bobine parvient à l'autre extrémité de la pièce polaire. La courbe intégrée (fig. 9) indique ce qui se passerait au collecteur pour l'ensemble des spires élémentaires d'un anneau Pacinotti ou Gramme. Le potentiel s'élève constamment de 0° jusqu'à un point voisin de 180°. Ce n'est cependant pas encore la perfection absolue. Dans ce cas, la courbe du potentiel s'élèverait en forme d'onde parfaitement harmonique, comme l'indique la figure 2[1]. La figure 9 s'en écarte sensiblement en ce qu'elle est convexe de 0 à 90° et concave entre 90 et 180°; mais elle ne présente pas d'inversion. La cause de cette amélioration est facile à

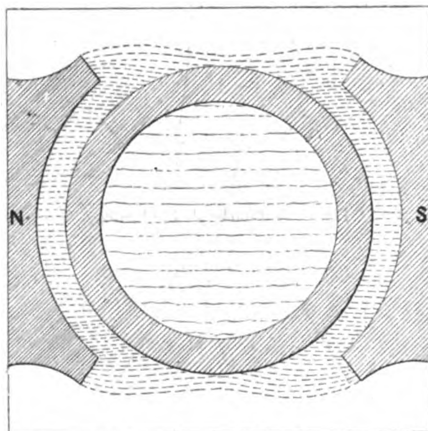


Fig. 10. — Champ magnétique dans l'anneau Gramme.

expliquer : le champ magnétique — tel qu'il est constitué entre la pièce polaire et le noyau — est *plus droit* et la densité des lignes de force dont il est formé est plus uniforme. L'auteur avait déjà prouvé ce fait expérimentalement dès 1878, en examinant simplement, à l'aide de limaille de fer, les lignes de force dans un champ magnétique ainsi constitué; les fantômes de limaille ainsi obtenus et fixés sur une feuille de verre passée à la gomme avaient été envoyés au regretté Alf. Niaudet, qui les avait demandés pour les examiner pour son propre compte. La figure 10 montre le champ réel entre les pièces polaires et l'anneau de fer qu'elles embrassent. Si droites que soient, comme on le voit, les lignes de force dans la région qui sépare les

[1] Voir l'*Électricien* du 15 juin 1884, p. 550.

pièces de fer, elles ne sont pas également distribuées et se trouvent légèrement plus denses en regard des extrémités des pièces polaires.

Examinons maintenant un autre cas observé par le docteur Isenbeck. L'introduction, à l'intérieur de l'anneau, d'un aimant ayant son pôle S en regard du pôle S extérieur et son pôle N en regard du pôle N extérieur vient accroître l'effet produit. La courbe d'induction pour ce

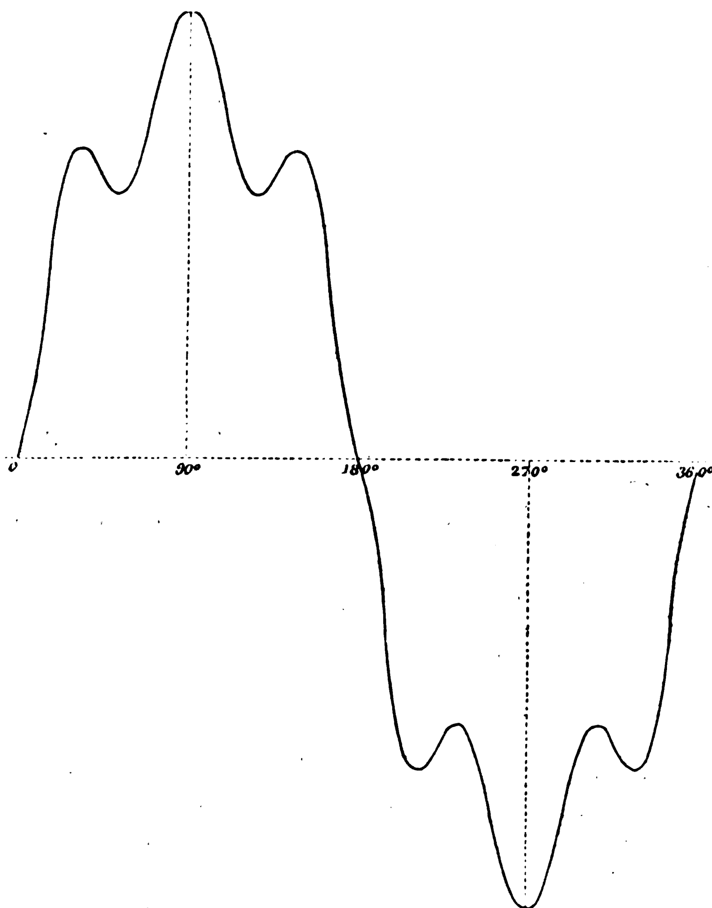


Fig. 11. — Courbe d'induction.

cas est représentée dans la figure 11. Il y a, comme on le voit, deux maxima en des points situés un peu au delà des extrémités des pièces polaires, comme précédemment; mais on trouve entre elles un maximum encore plus élevé juste à égale distance des pôles. Cette

courbe a également été intégrée à l'aide de l'appareil de M. Vernon-Boys; la figure 12 donne cette courbe de potentiel. Elle s'approche

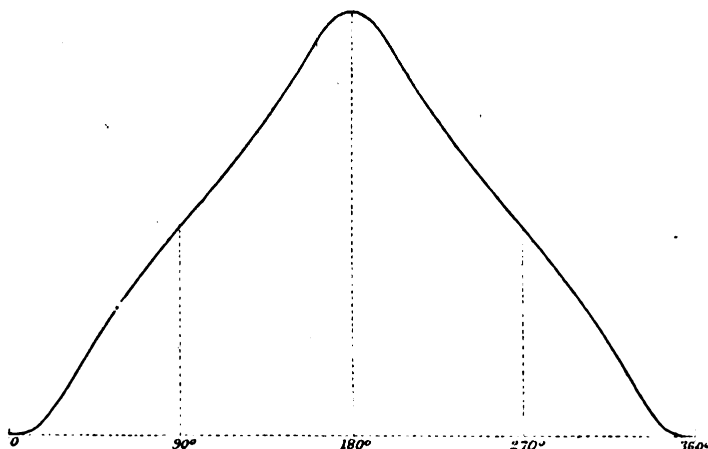


Fig. 12. — Courbe du potentiel.

davantage de la forme d'onde harmonique; elle est concave de 0 à 90° et convexe de 90 à 180°.

Passant ensuite, des recherches du docteur Isenbeck et des courbes de potentiel intégrées d'après ces dernières, à ses propres travaux, l'auteur fait connaître le résultat d'études entreprises dans le but de jeter quelque lumière sur la question de préférence à accorder à la forme d'armature de Pacinotti avec ses dents de fer en saillie ou à la forme Gramme, dans laquelle le noyau de fer est entièrement recouvert de fil. On a affirmé, sans fournir de raison à l'appui, que l'anneau Gramme était une amélioration de celui de Pacinotti. L'anneau de Pacinotti était en fer massif avec dents en saillie tant à l'extérieur qu'à l'intérieur, les spires élémentaires étant enroulées entre ces dents. Celui de Gramme est constitué *soit par une seule pièce de fer, soit par par un faisceau de fils de fer*, les bobines élémentaires *recouvrant* dans leur enroulement *la surface entière*. La question de supériorité de l'anneau Gramme ou de celui de Pacinotti peut être aisément traitée par l'expérience; et l'expérience seule peut déterminer s'il vaut mieux conserver toujours une épaisseur de fil entre les pièces polaires et le noyau, ou augmenter l'intensité du champ magnétique renforçant puissamment les lignes de force à l'aide des dents de fer en saillie. L'appareil construit par le professeur Silvanus Thompson pour l'étude de cette question est représenté par la figure 13.

Il se compose d'abord d'un couple d'aimants montés sur un bâti de manière à constituer un champ magnétique; des pièces polaires peuvent ensuite s'y adapter ou en être enlevées à volonté; il y a en réalité trois jeux de pièces polaires de différentes formes pour faire varier les conditions de l'expérience. Entre les pôles se trouve un axe de bronze sur lequel on peut monter les armatures. Ces armatures sont au nombre de trois. L'une d'elles est représentée dans les figures 14 et 15 et se compose de deux bobines de fil fin enroulées sur un anneau de bois; une seconde armature tout à fait analogue n'en diffère que par la nature de l'anneau qui est en fil de fer; la

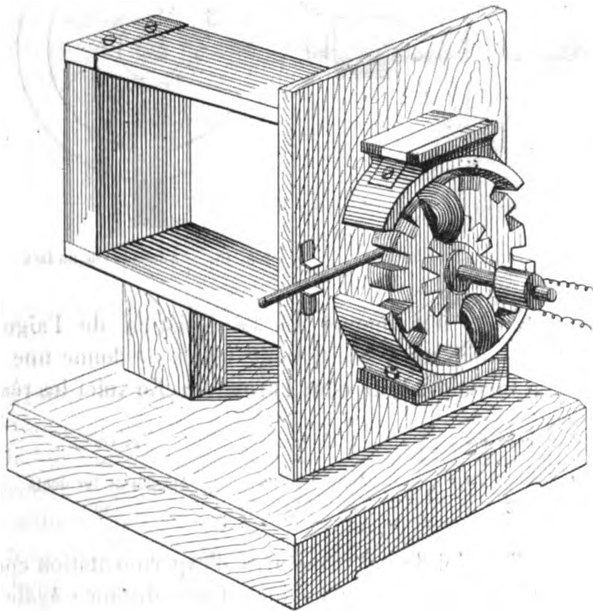


Fig. 13. — Appareil de M. Silvanus. P. Thompson.

troisième (représentée en place dans la figure 13) est formée d'un anneau denté constitué par des plaques de tôle découpées et serrées à plat l'une contre l'autre. Sur chacune de ces armatures sont enroulées deux bobines ou spires élémentaires situées aux extrémités d'un même diamètre. Les bobines contiennent exactement les mêmes longueurs de fil de cuivre recouvert de soie provenant de la même couronne. La section droite du noyau à l'intérieur de chacune de ces bobines est dans chaque cas un carré d'un centimètre de côté, de sorte que le nombre de circonvolutions dans chaque bobine est approximativement aussi identique que possible. On peut introduire

à volonté dans le champ magnétique l'une quelconque de ces armatures et la relier à un galvanomètre. Une manivelle fixée sur l'armature permet de la faire mouvoir. Deux méthodes ont été employées pour comparer les bobines. L'une d'elles consiste à faire tourner vivement l'armature d'un quart de révolution de manière à faire avancer

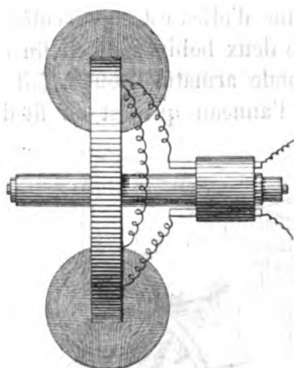


Fig. 14. — Anneau. Vue latérale.

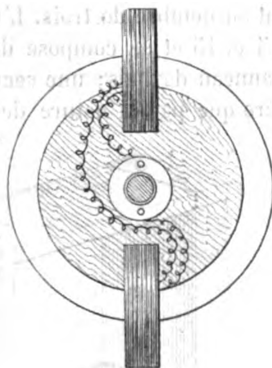


Fig. 15. — Anneau. Vue de face.

les bobines de 0 à 90°, auquel cas la déviation de l'aiguille du galvanomètre — qui est à oscillations lentes — donne une mesure de l'induction totale produite dans l'armature. En voici les résultats :

GRAMME.*	GRAMME.	PACINOTTI.
Anneau de bois.	Anneau de fer.	Anneau de fer denté.
5	24	50

L'autre mode d'emploi de ces armatures d'expérimentation consiste à aire avancer brusquement les bobines d'une distance égale à leur propre épaisseur, les bobines venant ainsi occuper successivement différentes positions dans le champ. On observe comme précédemment la déviation du galvanomètre. Chacune des bobines occupe très approximativement une épaisseur angulaire de 15 degrés. D'après cela, on dispose deux petits arrêts limitant à cette course le mouvement de la manivelle; un cercle gradué situé par derrière permet d'ailleurs de faire occuper aux bobines toutes les positions voulues. Si l'on donne aux bobines six impulsions successives leur faisant parcourir chaque fois une distance angulaire égale à leur épaisseur, en partant de 0°, la sixième impulsion conduit à 90°. Les trois courbes ainsi obtenues sont réunies dans la figure 16 et le tableau suivant donne les chiffres correspondants des déviations au galvanomètre :

IMPULSIONS.	GRAMME. — ANNEAU DE BOIS.	GRAMME. — ANNEAU DE FER.	PACINOTTI. — ANNEAU DE FER DENTÉ.
0° — 15°	5	25	30
15° — 30°	10	60	70
30° — 45°	0	120	140
45° — 60°	45	195	320
60° — 75°	40	200	380
75° — 90°	30	220	360

Ces chiffres ne laissent place à aucun doute sur la solution de la question. Le type d'anneau de Gramme, loin d'être une amélioration de l'anneau de Pacinotti, est évidemment un pas en arrière, à égalité,

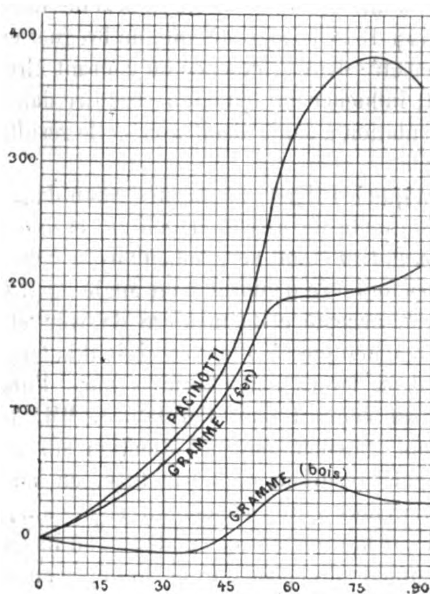


Fig. 16 — Courbes d'induction.

bien entendu, de prix de construction, de capacité d'échauffement et autres conditions. La signification de cette conclusion est précisée un peu plus loin.

Avant de quitter la théorie des armatures pour passer à celle des électro-aimants, l'auteur fait observer que ses propres expériences ainsi que celles du docteur Isenbeck ont été tellement instructives pour lui-même qu'il a immédiatement entrepris une nouvelle série d'observations analogues sur d'autres formes d'armatures, et il nous

fait espérer à bref délai la communication des résultats de ses recherches.

En ce qui touche les électro-aimants, il y a peu de progrès théoriques à signaler. La loi de saturation d'un électro-aimant reste encore dans le domaine de l'empirisme. Il y a lieu de se féliciter néanmoins de voir des autorités aussi diverses que le professeur Clausius, les professeurs Ayrton et Perry et M. Marcel Deprez tomber d'accord pour accepter la formule empirique du docteur Frölich de la maison Siemens comme une expression suffisamment exacte de la loi de saturation.

Nous avons par contre à constater des progrès dans la théorie du calage ou de la position à donner aux balais des dynamos. La nécessité de leur déplacement par rapport à la ligne des pôles était primitivement attribuée à une certaine inertie dans la désaimantation du fer de l'induit ; mais en 1878 le regretté Antoine Breguet émit l'idée que la cause pouvait en être dans l'influence du courant circulant dans les spires de l'induit, influence qui tendait à produire dans le fer de l'armature une aimantation à angle droit avec celle résultant de l'action des électro-aimants.

Breguet montra que les lignes de magnétisation dans le champ présentaient une résultante de direction oblique et que, par suite, *le diamètre de commutation* étant perpendiculaire à cette direction, les balais devaient dès lors être déplacés d'un angle égal. Clausius, dans sa récente théorie, accepte cette manière de voir et adopte pour angle du champ magnétique résultant celui dont la tangente est égale au rapport des deux forces magnétisantes dues l'une aux électro-aimants, l'autre au courant dans l'armature. MM. les professeurs Ayrton et Perry ont également appelé l'attention sur un déplacement additionnel du pôle résultant de l'armature, en raison de la *self-induction* des différentes spires élémentaires de l'induit entre elles. Dans leur travail sur la direction des moteurs, où ils ont mis ce point en lumière, ils admettent cependant que le déplacement du pôle est dû en partie à l'inertie de désaimantation du fer. Suivant notre auteur, cette opinion n'est pas soutenable. On n'a pas encore pu donner la preuve expérimentale de quoi que ce soit d'analogue à un véritable retard magnétique; l'inertie magnétique apparente de masses de fer épaisses est due, comme on peut le démontrer, à l'induction de courants internes; et c'est précisément pour cette raison que personne n'emploie du fer massif dans la construction des carcasses des induits. On n'a pas constaté davantage que des feuilles minces de tôle ou du fil de fer, tels qu'on les emploie dans la constitution des carcasses des armatures, soient plus lents à se désaimanter qu'à s'aimanter.

C'est même probablement l'inverse qui a lieu, et, jusqu'à preuve expérimentale contraire, nous admettrons qu'il n'y a aucun retard magnétique dans des noyaux de fer convenablement divisés.

Ici se place une remarque intéressante : si l'on admet comme loi de première approximation que la tangente de l'angle de calage représente le rapport entre la puissance d'aimantation des spires de l'armature et celles des électro-aimants, ce déplacement peut être extrêmement réduit; il suffit d'augmenter la puissance relative des électro-aimants, modification avantageuse à bien d'autres égards. Toute la pratique confirme la règle que le moment magnétique des électro-aimants doit être très grand relativement à celui de l'armature. L'armature doit d'ailleurs contenir assez de fer pour qu'il y ait exactement saturation quand la dynamo travaille à son maximum. Si le fer est en quantité moindre, il se saturera à un certain point, et quand on emploiera des courants d'intensité supérieure, le calage des balais devra changer, car l'effet magnétique dû au courant dans l'armature prendra alors plus d'importance comparativement à celui résultant des électro-aimants. Pour la même raison, le calage sera plus constant quand les électro-aimants seront au-dessous de leur point de saturation que lorsqu'ils seront complètement saturés. Bref, toute cause qui tend à réduire l'angle du déplacement rend ce calage plus constant et tend par suite à diminuer les étincelles aux balais. Et la meilleure manière d'assurer ce résultat consiste naturellement à employer une quantité considérable de fer — et du fer le plus doux possible — tant pour les électro-aimants que pour l'armature, car les courants circulant alors dans l'armature risquent moins de troubler le champ magnétique.

A propos de l'aimantation des électro-aimants, il est à noter en passant que les *caractéristiques* si employées aujourd'hui dans l'étude de l'action des machines dynamos, et qui donnent l'accroissement de la force électromotrice de la machine en fonction de l'intensité correspondante du courant, sont prises parfois, bien qu'assez inexactement, comme représentation de l'accroissement d'aimantation des électro-aimants. Or, si l'aimantation des électro-aimants peut pratiquement atteindre la saturation, il n'y a pas avec un courant encore plus puissant, d'aimantation inférieure à la saturation. Les caractéristiques de presque toutes les dynamos montées en série présentent cependant — du moins pour de grandes vitesses — une tendance marquée à s'abaisser après avoir passé par un maximum; et pour certaines machines, telles que celle de Brush, la diminution de force électromotrice est très accentuée. La force électromotrice diminue, mais il n'en est pas de même de l'aimantation des électro-aimants.

Le docteur Hopkinson a donné dernièrement une explication de cet abaissement de la caractéristique dans sa conférence sur « l'éclairage électrique » à l'institution des ingénieurs civils; il l'attribue à la réaction de *self-induction* et de mutuelle induction entre les bobines élémentaires de l'armature. Nul doute que cette cause ne contribue à l'effet observé, toutes les réactions de ce genre diminuant la force électromotrice effective. Le professeur Silvanus Thomson incline cependant à penser que cet effet est dû en majeure partie au déplacement de la ligne effective du champ magnétique par suite de ce que le fer des électro-aimants se sature avant celui de l'armature. Il est du moins significatif que dans la machine Brush, où la diminution de force électromotrice est très considérable, il y a aussi une masse de fer disproportionnée dans l'armature et un calage très variable des balais.

Il est un autre point sur lequel la théorie a depuis longtemps devancé la pratique, c'est l'avantage qu'il y a à faire fonctionner une machine en circuit magnétique aussi fermé que possible; c'est-à-dire au milieu d'un circuit presque continu de fer ramenant circulairement sur elles-mêmes les lignes de force magnétique en courbes fermées. Ce point de la plus haute importance a été relevé dès 1878 par Lord Elphinstone et M. C. W. Vincent, dont la machine tend à réaliser ce principe. Tous les électriciens savent que si un courant électrique doit parcourir un circuit constitué en partie par du cuivre, en partie par des liquides — tels que l'acide dans une pile ou la solution dans un élément électrolytique, — la résistance du liquide est toujours beaucoup plus considérable que celle du cuivre. Même avec l'acide sulfurique étendu d'eau, la résistance présentée par une couche mince au passage du courant est 200 000 fois égale à celle que présenterait une couche de cuivre de même épaisseur. Or, dans le cas analogue où un champ magnétique sert à aimanter le noyau de fer d'une armature, la couche d'air — ou, si l'on veut, de fil de cuivre — entre les deux pièces de fer offre ce que nous pouvons appeler une résistance relativement énorme à l'induction magnétique. Si l'on prend pour unité la perméabilité magnétique du fer, celle de l'air en est environ 1/20 000, et celle du cuivre en diffère peu. En d'autres termes, une couche d'air ou de cuivre offre environ 20 000 fois autant de résistance à l'induction magnétique que si l'espace entier était rempli de fer doux. Il y a donc naturellement tout avantage à diminuer autant que possible les jours entre les portions de fer dans le circuit. Les valeurs respectives de la perméabilité magnétique sont connues depuis des années pour le fer, l'air et le cuivre; et néanmoins cette simple déduction de la théorie a été mise en doute dans la grande majorité

des cas. Nous avons eu tout à l'heure une preuve expérimentale de ce fait que l'anneau de Pacinotti, loin d'avoir été perfectionné ou amélioré par Gramme, comme le prétendent certaines autorités compétentes, était bien supérieur à l'anneau Gramme. Ce que nous venons de dire suffit peut-être à faire comprendre la parfaite conception de l'anneau de Pacinotti.

Après cette étude théorique du plus haut intérêt, l'auteur, suivant le plan adopté dans son travail antérieur, passe en revue, ainsi que nous l'avons dit en commençant, les diverses machines qui se sont pratiquement améliorées à la faveur de ces recherches et observations en apparence purement spéculatives; et il termine par cette conclusion très encourageante pour l'avenir.

En résumé, le bilan des quinze derniers mois auxquels s'applique cette étude est une réalisation de solides progrès. Ces progrès sont, il est vrai, d'ordre calme et peut-être plus commercial que scientifique, bien que dans plusieurs cas la théorie et la pratiqne aient marché côte à côte ; car si sur certains points la théorie a devancé la pratique, sur un bien plus grand nombre d'autres la pratique est en avance sur la théorie. Mais nous espérons que nos théoriciens mettront prochainement cette dernière au niveau de la pratique au moins en ce qui concerne les faits les plus simples. Ainsi nous ne connaissons pas encore exactement la loi de saturation du fer dans les électro-aimants et nous nous contentons de formules que nous savons incorrectes; nous savons fort peu de chose des lois de l'induction du magnétisme dans des circuits formés partie de fer, partie de couches d'air, ou de fil de cuivre. Il nous manque un physicien qui fasse pour le circuit magnétique ce qu'a fait Ohm, il y a un demi-siècle, pour le circuit voltaïque. Le champ est encore vaste pour le progrès tant en théorie qu'en pratique; et perfectionner la théorie c'est affranchir la pratique des règles arbitraires, des tâtonnements et de l'inexpérience qui ont entravé le progrès dans le passé. L'histoire des quinze derniers mois est néanmoins pleine d'encouragement, en ce qu'elle montre tout ce qu'ont pu faire, même en présence d'un grand ralentissement d'affaires, ceux auxquels leurs connaissances et leur expérience donnent une foi robuste dans l'avenir et dont les efforts tendent vers un but parfaitement déterminé. Nous marchons incessamment par un développement continu vers une perfection dont nous sommes encore bien éloignés; mais les progrès résultant des études ci-dessus sont d'une nature sérieuse et substantielle qui n'a rien de commun avec les folles spéculations de la Bourse et qui, ne procédant

pas de fiévreuses et malsaines ardeurs, est vouée à une longue existence et destinée à produire des fruits utiles et durables.

E. Boistel.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 9 juin 1884.

Sur une nouvelle machine dynamo-électrique. — Note de MM. Damoiseau et G. Petitpont, présentée par M. A. Cornu.

L'importance que présente, au point de vue du rendement, la réduction au minimum de la quantité de travail converti en chaleur dans les fils des machines dynamo-électriques, est trop évidente pour qu'il soit nécessaire d'y insister.

Comme la production d'un champ magnétique donné avec un électro-aimant de dimensions données nécessite toujours la même dépense, on ne peut songer à opérer cette réduction sur les inducteurs. L'induit seul peut se prêter à des modifications qui permettent d'obtenir une force électromotrice plus élevée dans une égale longueur de fil parcouru par le courant.

La disposition que nous avons imaginée dans ce but est la suivante : elle s'applique aux machines du genre Pacinotti, Gramme, Hefner-Alteneck, Siemens. Les épanouissements des pôles inducteurs sont supprimés et ces pôles sont rapprochés l'un de l'autre de façon à n'influencer qu'une portion de l'anneau, le quart ou le huitième par exemple. Le courant est alors recueilli en trois points du collecteur, l'un sensiblement au milieu de la partie correspondant à la portion de l'anneau influencée, les deux autres de part et d'autre de chaque pôle.

Dans ces conditions, si l'on excite les inducteurs par une source extérieure, l'anneau tournant dans le sens des balais α, β, γ, on remarque qu'à circuit ouvert la différence de potentiel entre α et β, β et γ reste la même. Mais si l'on ferme les deux circuits sur des résistances égales et graduellement décroissantes, $\alpha\beta$ devient prépondérant, et cela dans une proportion très notable, près de moitié. Si l'on rend la résistance sur $\alpha\beta$ plus faible, la différence s'accentue encore. Si l'on diminue, au contraire, la résistance sur $\gamma\beta$, on s'aperçoit, en tenant compte de la perte due à la résistance intérieure, que le rap-

port des forces électromotrices ne varie pas sensiblement. L'intensité du courant qui circule entre α et β diminue la force électromotrice en γβ, sans que la réciproque se produise sensiblement. Les différences de potentiel développées aux deux balais extrêmes, quoique atteignant parfois des valeurs considérables (plus de 100 volts dans une machine actuellement construite), ne donnent lieu, dans la partie inactive de l'anneau, qu'à un courant d'une intensité pratiquement négligeable.

On peut donc utiliser, par exemple, le courant γβ pour exciter les inducteurs, et l'on obtient une machine qui se comporte à peu de choses près comme si elle était excitée en dérivation et qui donne, toutes choses égales d'ailleurs, à vitesse linéaire égale et à égale longueur de fil parcouru par le courant, une force électromotrice plus élevée de plus d'un tiers de ce qu'on obtient avec les meilleures machines actuelles.

Nous avons construit un modèle dont l'anneau en forme de disque porte $3^{kg},200$ de fil de $1^{mm},2$ et les électro-aimants 18 kilogrammes de fil de $1^{mm},6$. Les surfaces polaires ont seulement 56 centimètres carrés pour chaque pôle et attaquent l'anneau sur ces deux faces. La longueur du fil compris entre deux balais n'est que de 45 mètres. Avec les électro-aimants réunis deux par deux en surface, on obtient à 690 tours $11^{amp},7$ et $64^{volts},5$ aux bornes. A 1854 tours on obtient 207 volts à circuit ouvert et à 1900 tours 180 volts aux bornes et $23^{amp},5$ sur une résistance de $3^{ohms},5$ environ. Le rendement électrique est de 0,763 dans ces conditions, où la machine produit plus de 200 watts par kilogramme de fil enroulé, ce qui représente à peu près un travail double de ce que produisent les machines actuelles avec un rendement plutôt inférieur (0,71, 0,677, 0,684, rendements des machines IV, V, VI des expériences du comité de l'Exposition de 1881).

Nous reviendrons sur cette machine dans notre prochain numéro.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 6 *juin* 1884.

M. Violle expose les résultats des recherches qu'il a effectuées pour déterminer l'étalon absolu de lumière.

Après avoir examiné rapidement les diverses unités employées jusqu'à ce jour, il rappelle le principe de l'étalon proposé par lui au Congrès des électriciens en 1881.

Les expériences pour l'argent, préalablement communiquées à la

Société, ayant confirmé l'exactitude de la méthode qui consiste à prendre comme étalon de lumière un métal fondant, M. Violle est revenu au platine, que recommandent son inaltérabilité, la facilité avec laquelle on peut se le procurer pur, et la haute température de son point de fusion. Pour constituer le nouvel étalon de lumière, il suffit de fondre le platine dans un four en chaux, de placer au-dessus du bain un diaphragme percé d'une ouverture convenable, et de diriger sur un écran photométrique la radiation de la surface ainsi limitée. Les gaz étant supprimés au chalumeau, le métal liquide se refroidit rapidement d'abord, puis de plus en plus lentement, la température devient stationnaire et en même temps l'intensité de la radiation. C'est alors que l'on effectue la mesure du luminaire à étalonner. En une minute, on peut refondre le platine et relever une nouvelle mesure. Il est très facile d'obtenir une série de nombres, l'opérateur ayant chaque fois parfaitement conscience de l'instant exact où il doit arrêter la mesure photométrique, attendu qu'un *éclair* marque l'instant de la solidification complète.

La lumière émise en direction normale par 1 centimètre carré de platine fondu, à la température de solidification, vaut 2,08 carcels, ce qui, en tenant compte des surfaces mises en jeu, correspond à un éclat intrinsèque d'environ 11 carcels.

L'étalonnage de la lampe Carcel, les mesures sur les lumières électriques et particulièrement sur les lampes à incandescence ont montré l'exactitude et la commodité de l'étalon de M. Violle. S'appuyant sur un phénomène physique parfaitement défini et constant, pouvant toujours se reproduire identique à lui-même, d'un éclat égal en tous ses points, le platine fondu, à la température de solidification, offre pour la mesure des lumières simples une base complètement satisfaisante. C'est en mesurant à son aide l'intensité de chacun des rayons simples des différentes sources lumineuses que l'on pourra déterminer la valeur exacte de ces sources.

M. Lippmann fait fonctionner devant la Société son galvanomètre à mercure. Cet instrument se compose d'un manomètre à mercure dont la branche horizontale se trouve entre les pôles d'un aimant à fer à cheval. Le courant à mesurer traverse verticalement le mercure de cette branche. Dès lors il se produit une dénivellation proportionnelle à l'intensité du courant, et qui est d'environ 62 millimètres pour un ampère. M. Lippmann indique la condition d'équilibre du mercure ainsi que la condition de sensibilité de l'appareil. Il montre en même temps un électro-dynamomètre fondé sur le même principe.

BIBLIOGRAPHIE

Die Unterhaltung und Reparatur der Elektrischen Leitungen für alle zwecke der Praxis, von J. Zacharias. — *A. Hartleben's Verlay*. Vienne, Pesth, Leipzig.

De même que dans le numéro précédent de l'*Électricien* nous avons mentionné les services rendus à l'électricité par un éditeur français, M. J. Michelet, de même nous ne ménagerons pas nos éloges à la librairie *A. Hartleben* de Vienne. L'ouvrage dont nous rendons compte aujourd'hui fait partie de la bibiothèque électro-technique que cette maison publie et qui forme déjà une collection d'une trentaine de volumes, conçus avec une certaine unité de plan, édités d'une façon uniforme, tous d'une impression irréprochable, illustrés de nombreuses et belles gravures dans le texte, et, il faut le dire, d'un prix accessible à toutes les bourses.

L'auteur, M. J. Zacharias, traite de l'installation, de l'entretien et de la réparation des fils et câbles conducteurs employés dans les diverses applications de l'électricité ; son ouvrage est donc un manuel indispensable à tout télégraphiste, tout ingénieur électricien soucieux de se perfectionner dans son art, et nous ne serions pas étonné que la traduction française n'en soit bientôt entreprise, car elle serait appelée à un réel succès. Des chapitres spéciaux sont réservés à la recherche des défectuosités des lignes, à l'étude des diverses perturbations dont elles sont susceptibles d'être le siège, aux moyens de les éviter. Une série de tableaux des plus utiles donnent le poids de la résistance des fils de cuivre, de diamètres donnés, de dixième en dixième de millimètre, les corrections relatives aux diverses températures, les pertes par dérivation et l'échauffement des fils pour des courants de 1 à 1000 ampères.

N. T.

CORRESPONDANCE

GALVANOMÈTRE A MERCURE

Mon cher Hospitalier,

Par une note publiée successivement dans les comptes rendus de l'Académie des sciences, dans le journal *la Lumière électrique* et dans l'*Électricien*, M. Carpentier a expliqué qu'il avait, il y a deux ans, eu la même idée que M. Lippmann, et cherché à réaliser un galvanomètre à mercure fondé sur le même principe que celui qui excite aujourd'hui l'admiration universelle par sa simplicité et sa précision.

M. Carpentier ajoute que son expérience a eu lieu devant témoin. Cette dernière affirmation est inutile, car nous connaissons tous assez sa loyauté scientifique pour ne pas mettre en doute sa parole, alors même qu'elle n'aurait d'autre garant que lui-même.

Mais comme sa note pourrait faire naître dans l'esprit de nos lecteurs quelques hésitations sur la propriété de l'appareil, je m'empresse de vous informer que le principe du galvanomètre à mercure Lippmann a été breveté par la maison Breguet, qui avait, dès le premier jour, aidé M. Lippmann dans ses recherches, et que, selon les paroles mêmes de M. Carpentier, sa revendication est toute platonique. Il reste donc bien acquis que la maison Breguet a seule le droit de construire ces galvanomètres à mercure de Lippmann ainsi que tous ceux divisés, tels qu'électro-dynamomètres, compteur d'électricité, explorateur de champs magnétiques, etc.

Je vous serais bien reconnaissant, mon cher Hospitalier, si vous voulez insérer cette lettre dans le prochain numéro de l'*Électricien*, et vous prie de me croire votre bien dévoué, G. Sciama.

Paris, 23 juin 1884.

Tout en insérant la lettre de M. Sciama, nous croyons devoir déclarer qu'il nous paraît au moins superflu de réclamer un droit exclusif de construction qui, dans l'espèce, n'est contesté par personne. E. H.

FAITS DIVERS

École municipale de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris. — Un Concours pour l'admission de 30 élèves à l'École municipale de Physique et de Chimie industrielles sera ouvert le jeudi 17 juillet 1884, à 8 heures du matin, au siège de l'École, rue Lhomond, 42 (ancien collège Rollin).

Pour prendre part à ce concours, les candidats doivent établir qu'ils sont de nationalité française, qu'ils sont âgés de 14 ans au moins et de 19 ans au plus au 1er octobre de l'année où a lieu le concours.

Les inscriptions sont reçues, au siège de l'École (Économat) de 9 heures à 3 heures, dimanches et fêtes exceptés, jusqu'au 12 juillet inclus. Les candidats auront à produire leur acte de naissance et un certificat du Maire de leur arrondissement ou de la commune de leur origine, constatant qu'ils sont de nationalité française.

Ils y trouveront le programme détaillé des connaissances exigées ainsi que tous les renseignements dont ils pourraient avoir besoin sur le but et l'organisation de l'École.

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9813. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

DÉTERMINATION GRAPHIQUE

DES ÉLÉMENTS D'UNE TRANSMISSION PAR DEUX MACHINES DYNAMO DONNÉES

On donne généralement de ce problème la solution analytique. Or, celle-ci suppose implicitement la connaissance de coefficients que l'on ne peut déduire que des caractéristiques. Il est donc plus naturel d'employer la méthode graphique, qui est immédiate.

Nous aurons besoin des courbes suivantes :

1° *Courbe du magnétisme* ou *caractéristique pour l'unité de vitesse.* — Cette courbe s'obtient en prenant le quotient des f. e. par les vitesses et n'a de valeur qu'autant qu'on admet que, pour une même intensité, les f. e. sont proportionnelles aux vitesses. Ce qui est suffisamment approché pour les besoins de la pratique.

Il est important de construire la courbe du magnétisme pour la génératrice *dans la condition de génératrice*, et pour la réceptrice, *dans la condition de réceptrice;* car dans le second cas, pour une même valeur de I, l'ordonnée est inférieure à l'ordonnée correspondante de la courbe du magnétisme pour la condition de génératrice. (Voir les travaux de M. O. Frölich.)

2° *Courbe des intensités en fonction des moments de la force électro-magnétique.* — Cette courbe, qui est sensiblement une droite, ne devra être dressée que pour la réceptrice dans la condition de réceptrice, c'est-à-dire d'après les essais au frein de Prony.

En résumé, on aura :

Pour la génératrice : courbe du magnétisme.

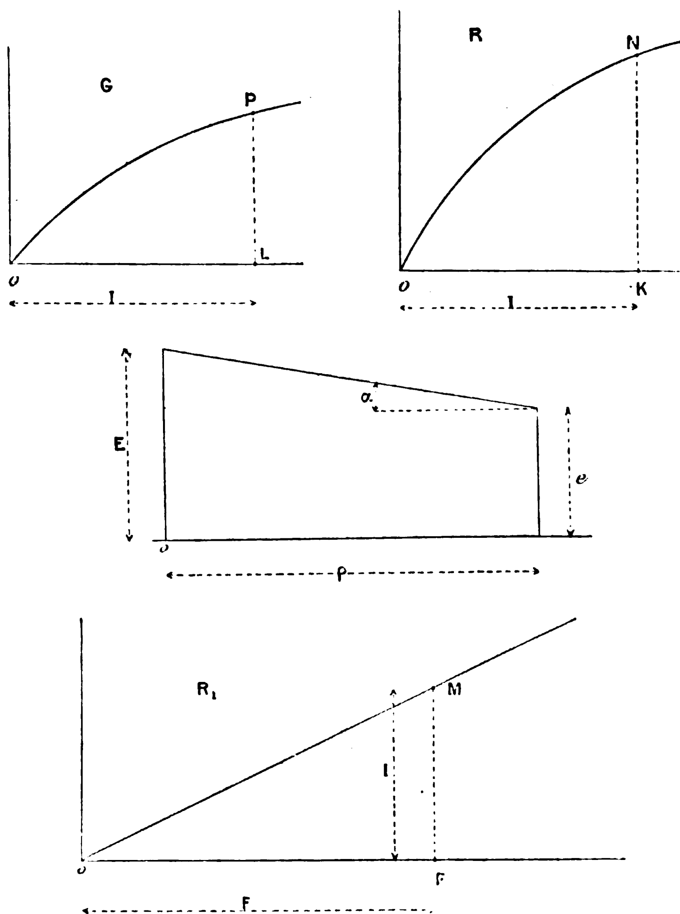
Pour la réceptrice : courbe du magnétisme ; courbe des intensités en fonction des moments moteurs.

Le problème pourra se présenter sous deux formes :

1° Le travail utile à fournir est donné par ses deux éléments : effort et vitesse.

Dans ce cas, l'inconnue à déterminer est la vitesse de la génératrice.

2° La vitesse de la génératrice est donnée de même que l'effort à vaincre. Déterminer la vitesse de la réceptrice.



1° Soient :

G, courbe du magnétisme pour la génératrice.

R, courbe du magnétisme pour la réceptrice.

R_1 courbe des intensités en fonction des moments moteurs (pour la réceptrice).

F, moment moteur à développer.

ω, vitesse de la réceptrice.

Ω, vitesse de la génératrice, inconnue à déterminer.

F, étant donné, cherchons l'intensité correspondante sur R_1.

$$OF = F$$

$$FM = I$$

I étant déterminé, porter cette valeur en abscisse sur R et prendre KN, ordonnée correspondante. Si e est la force contre-électromotrice inconnue, on aura :

$$e = KN\omega.$$

D'où e.

Prenons la formule d'Ohm.

Désignons par ρ la résistance totale du circuit (machines et ligne) et E la f. e. de la génératrice.

On a :

$$I = \frac{E - e}{\rho}.$$[1]

Dans la représentation d'Ohm, nous connaissons l'inclinaison I de la droite des potentiels, l'ordonnée e et l'abscisse ρ :

$$tg\,\alpha = I.$$

D'où E.

Connaissant E et l'ordonnée LP de la courbe G, correspondant à l'intensité I, nous aurons :

$$\frac{E}{LP} = \Omega\,.$$

qui est la solution cherchée.

Il faut remarquer que l'énoncé de ce cas est celui du problème tel qu'il se pose le plus souvent dans la pratique : actionner un outil tournant à n tours et développant un moment moteur donné.

2° Le deuxième cas devra se présenter le moins souvent. Il peut

[1] Les opérations arithmétiques qui donnent les valeurs de e et E peuvent être évitées ; on résoudra graphiquement les multiplications par la méthode des triangles semblables.

néanmoins convenir à une vérification après établissement des organes mécaniques de la tête de transmission (par exemple, poulies à utiliser sur un arbre sans démonter celui-ci). Le problème sera alors le suivant :

La vitesse de la génératrice étant donnée, vérifier si la réceptrice actionnera l'outil projeté, avec une vitesse suffisante.

La solution est analogue à celle du cas précédent. L'ordre des déterminations sera seul un peu modifié. On cherchera successivement :

1° I; 2° E; 3° e; 4° ω. Inconnue à déterminer en dernier lieu sur la courbe R.

Nous allons donner un exemple d'une recherche de ce genre :

On veut actionner à une vitesse déterminée un ventilateur aspirant et soufflant, dont on connaît les constantes, au moyen de deux machines dynamo données.

La réceptrice étant invariablement liée au ventilateur, le travail qu'elle développera sera proportionnel au cube de sa vitesse[1] ω, et par conséquent le moment moteur devra varier comme le carré de cette vitesse :

$$F = K\omega^2;$$

ω étant donné, F est déterminé et par conséquent I.

I et ω déterminent e.

La résistance totale ρ, la force contre-électromotrice e déterminent E, au moyen de la représentation d'Ohm.

E étant connue, l'ordonnée correspondant à I sur la courbe du magnétisme servira à déterminer Ω, et le problème sera résolu.

A. Hillairet.

LE TÉLÉGRAPHE BAUDOT

LE TRADUCTEUR[2] (*Suite et fin*).

Traduction des signaux. — Nous arrivons au point le plus intéressant. On pourrait traduire les signaux en observant les

[1] Voyez, par exemple, la *théorie des ventilateurs*, de M. Ser. Masson, éditeur.

[2] Voy. l'*Électricien*, du 1er juillet 1884, n° 78, p. 19.

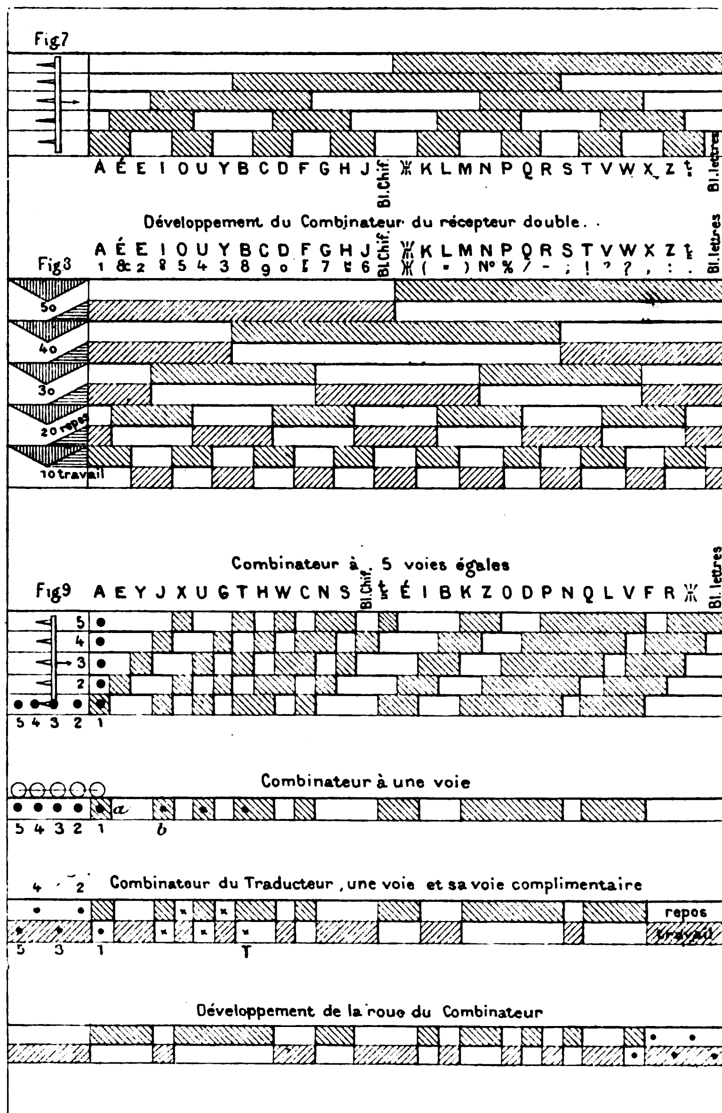
relais, ou bien les électro-aimants récepteurs. Ces électro-aimants pourraient faire des points sur une bande de papier. Les courants pourraient également être reçus dans un appareil électro-chimique. M. Baudot a voulu imprimer ses signaux. Dans ce but, il a inventé son *combinateur*.

On sait que dans l'appareil Hughes, un signal est envoyé au moment précis où la roue des types présente au papier, dans les deux postes, la lettre à imprimer. Pour faire par exemple D après A, il faut attendre que cette lettre soit arrivée; on perd plus d'un tour. Au Baudot, le traducteur fait une seule lettre par tour; avant de commencer son tour, le combinateur reçoit l'indication du signal quelconque qu'il s'agit d'imprimer, il se met à le chercher, et quand il le trouve, il produit le déclenchement du système imprimeur.

Un employé ayant observé un signal pourra le chercher sur le tableau des 31 combinaisons obtenues avec les cinq touches. Dans le combinateur, c'est un chercheur métallique qui remplace l'employé, et qui, sous l'action du mécanisme, parcourt ce tableau ; si nous lui donnons le moyen, quand il trouvera la combinaison, de faire déclencher le système imprimeur, soit par la fermeture d'un circuit électrique, soit par un mouvement de chute, la lettre correspondant à la combinaison reçue sera imprimée sur le papier. Après avoir employé un *combinateur électrique* (1876-1878), M. Baudot a réalisé différentes formes de *combinateurs mécaniques* ; nous ne nous occuperons que de ces derniers.

Dans notre tableau des combinaisons (fig. 7), nous avons cinq rangées correspondant aux cinq touches du manipulateur. Supposons que les touches à abaisser pour obtenir une lettre quelconque soient représentées sur la ligne du tableau où se trouve la lettre par un petit bloc en saillie, chaque ligne présentera une disposition différente de blocs. Si nous promenons sur ce tableau un peigne de cinq dents ayant une dent dans chaque rangée, le peigne sera soutenu de différentes façons : tantôt par la première rangée seule, tantôt par la 1re et la 5e, etc. ; il ne pourra tomber dans aucune. Supposons qu'on puisse, en abaissant les touches, faire disparaître du tableau la combinaison de

blocs qui y représente une lettre, lorsque le peigne arrivera à



Télégraphe Baudot. Combinateurs.

Fig. 7. Tableau des combinaisons. — Fig. 8. Combinateur du récepteur double. — Fig. 9. Combinateur à 5 voies égales. — Fig. 10. Combinateur à 1 voie. — Fig. 11. Combinateur à 1 voie double. — Fig. 12. Développement du combinateur, dans le traducteur.

cette division, rien ne le soutiendra plus, il tombera ; nous utiliserons ce mouvement de chute pour produire l'impression.

Le combinateur du récepteur double était gravé comme le montre la figure 8 ; cet ordre des combinaisons a été choisi pour avoir la plus grande facilité de construction ; il présente un moins grand nombre de trous que n'importe quelle autre disposition qu'on aurait pu adopter.

Combinateur actuel. — Examinons maintenant une autre disposition des combinaisons (fig. 9), étudiée dans le but de simplifier encore la construction du combinateur, et qui a amené à la forme simple du combinateur actuel. Nous voyons que l'on a cherché à faire les cinq rangées égales, les saillies ont dans chaque rangée les mêmes groupements et les mêmes intervalles ; l'ordre des combinaisons s'est trouvé changé sur le combinateur, ainsi que l'ordre des lettres sur la roue des types, mais peu importe.

Plaçons notre peigne de cinq dents et faisons-le avancer, il sera soutenu successivement, comme dans le premier cas, par 31 combinaisons différentes de blocs. Les cinq rangées sont en retard l'une sur l'autre d'une division ; lorsque le peigne est sur la première division, il est soutenu par un bloc dans la première rangée ; dans la deuxième division, c'est la deuxième dent qui est soutenue ; dans la troisième, c'est la troisième dent. On remarque aussitôt une chose curieuse : le peigne étant sur la première division, la première dent seule est sur une saillie ; mais la deuxième dent est à une division, la troisième dent à deux divisions, la quatrième à trois divisions, et la cinquième à quatre divisions, chacune, de la première saillie de sa rangée respective. On s'est dit : si au lieu de mettre la deuxième dent du peigne dans une deuxième rangée qui soit semblable à la première, mais reculée d'un cran, nous la mettions derrière la première dent dans la première rangée, elle se trouverait dans la même situation que précédemment, c'est-à-dire que lorsque la première dent est sur le premier bloc de sa rangée, la deuxième dent serait à une division du premier bloc de la sienne ; de même, si au lieu de mettre la troisième dent du peigne dans une troisième rangée en retard de deux divisions sur la première, nous mettons cette dent dans la première rangée, mais en retard de

deux divisions sur la première dent, elle sera aussi dans les mêmes conditions qu'auparavant. De même pour la quatrième et la cinquième dents. Alors les cinq dents étant l'une derrière l'autre dans la première voie, nous n'avons plus besoin des quatre autres voies, nous les supprimons.

Nous n'en trouvons pas moins les 31 combinaisons successivement sous notre peigne : en effet, quand la première dent est sur la première division, elle repose sur la saillie, les quatre dents suivantes sont sur des vides ; — maintenant faisons avancer notre peigne d'une division, ce n'est plus la première dent qui est sur la saillie *a* (fig. 10), c'est la deuxième dent : tel est le cas de la deuxième division de la figure 9 ; — si nous avançons encore d une division, c'est la troisième dent qui appuiera sur *a*, c'est la troisième division de la figure 9 ; — à la division quatre, la première dent rencontre un bloc *b*, en même temps la quatrième dent s'appuie sur le bloc *a*, nous avons la quatrième combinaison de la figure 9 ; et ainsi de suite pour les 31 combinaisons.

Comparons cette rangée unique à une voie de chemin de fer ; le peigne sera remplacé par un vélocipède à cinq roues ; le rail n'est pas continu, il est posé par bouts d'un mètre, je suppose, disposés comme les blocs de ma rangée figure 10, et circulairement. Le vélocipède, tournant sur ce cercle, sera soutenu de 31 façons différentes par ses roues, tantôt par plusieurs, tantôt par une seule, mais jamais il ne rencontrera une longueur de 5 mètres sans rail, ce qui fait qu'il ne pourra pas tomber. Mais supposons que nous puissions abaisser ou retirer à volonté les morceaux du rail, il nous sera possible alors de faire tomber notre vélocipède : à la huitième division, par exemple, les roues 1, 3, 5 sont soutenues ; si nous abaissons les trois morceaux de rail à ce moment-là, la chute aura lieu. Avec ce système, il nous faudrait manœuvrer autant de leviers que de morceaux de rail, c'est-à-dire 16. Nous emploierons un autre moyen : les axes des roues du vélocipède pivotant sur un cadre, nous attendrons ce cadre au commencement du tour pour pousser les axes 1, 3, 5 de façon que les roues sortent du rail. Nous devrons tomber au même point, à la huitième division... mais non, car, avant d'arriver à la huitième division, il faut franchir les sept autres ; et remarquons que sur la première division, la

première roue soutiendrait seule le cadre si nous ne l'avions écartée, et qu'alors il y tombera ; dans la deuxième il ne tomberait pas, la deuxième roue soutient, mais dans la troisième il n'aurait pas d'appui sur la troisième roue, puisqu'elle a été écartée aussi, etc. ; on ne peut donc pas marcher ainsi ; voici ce qu'il faut faire : mettre un second chemin près du premier (fig. 11) ; y placer tous les bouts de rail qu'on n'a pas mis dans l'autre ; au commencement du tour, aiguiller les roues d'une voie vers l'autre. Les roues 1, 3, 5 passeront sur le deuxième rail, et alors dans la première division, les troisième et cinquième roues trouveront un appui dans la voie complémentaire qu'on appelle voie de travail ; dans la deuxième division, 1, 2, 3, 5 soutiendront ; arrivé dans la troisième, le vélocipède sera soutenu par les première et cinquième roues ; dans la quatrième, par 3, 4, 5 ; dans la cinquième, par 1, 2, 3 ; dans la sixième, par 5 seulement ; dans la septième, par toutes les 5 ; enfin dans la huitième, il tombera. Il se relèvera à la neuvième pour ne plus retomber. On voit par là la nécessité de faire dans la deuxième voie, non seulement des trous en face des reliefs, mais aussi des reliefs en face des trous de la première voie.

Dans le traducteur, ces deux voies sont gravées sur la périphérie d'une roue *Cr* montée sur l'axe de la roue des types ; c'est le chemin qui tourne ; le vélocipède est remplacé par cinq patins d'acier *f* pivotant sur deux supports communs *pp;* ils ont la tête appuyée l'un contre l'autre, et leur pied dans le chemin de fer. Une pièce F pivotant de la même manière est solidaire d'un bras de levier D (fig. 1, 2, 3, 13), sur lequel agit un ressort lame *r;* la tête de F appuie contre le premier frotteur et lui transmet la pression du ressort ; il s'ensuit que les 5 pieds pressent sur la circonférence du disque *Cr*. Étant arc-boutés l'un contre l'autre, les frotteurs *f* ne peuvent bouger qu'ensemble ; il suffit que l'un d'eux soit soutenu par un relief dans l'une ou l'autre voie pour que tout le système résiste à la pression du ressort. Lorsqu'aucun obstacle n'existera plus, le système basculera ; le mouvement de chute des pieds des frotteurs dans les trous se traduit par un mouvement de gauche à droite autour des axes, mouvement qui est plus grand à l'extrémité du levier D. Ce levier abaisse verticalement une bielle D' qui vient dégager le

levier imprimeur ; le papier est amené au contact de la lettre voulue, que la roue des types (orientée par rapport au combinateur) lui présente à ce moment.

Aiguillage. — L'aiguillage des frotteurs est commandé par les cinq électro-aimants. M. Baudot a réparti le travail entre les différents organes de façon à assurer leur fonctionnement et à faire travailler le plus possible le mécanisme.

L'électro-aimant a une seule bobine ; son armature E, articulée sur une plaque polaire P, est attirée par l'autre P' ; un ressort en laiton fixé en dessous d'elle a pour fonction de la relever et d'empêcher en même temps son adhérence au pôle Elle porte en haut une forte lame d'acier L réglable au moyen d'une vis *v* ;

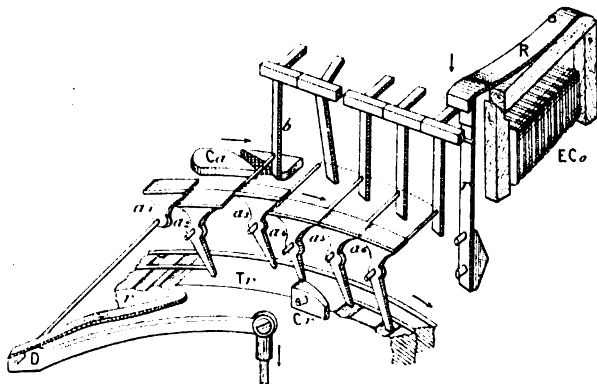


Fig. 13. — Traducteur Baudot. Aiguillage du combinateur.

son extrémité recourbée s'appuie supérieurement contre une règle-butoir R ; sa pointe est à une faible distance d'un levier L*a* appelé levier d'aiguillage, articulé sur un axe commun à 5 leviers du même genre. Ce levier est en équerre, la partie horizontale *a* est pressée par l'une des deux encoches que porte une pièce *c* fixée à l'extrémité d'un ressort réglable, la partie verticale *b* se termine en lame de couteau dans le prolongement de l'axe du frotteur que l'électro-aimant considéré est appelé à desservir. La roue porte en arrière une came CA en forme de socle de charrue qui vient passer dans le champ des leviers aiguilleurs. Quand l'électro-aimant est actionné, son armature attirée appuie sur le

levier L*a*, qui passe d'une encoche dans l'autre, c'est là tout le travail de l'électricité. Les choses sont ainsi disposées qu'un levier non déplacé est en dehors de la trajectoire de la came, tandis qu'un levier déplacé est rencontré par elle : elle le saisit et le

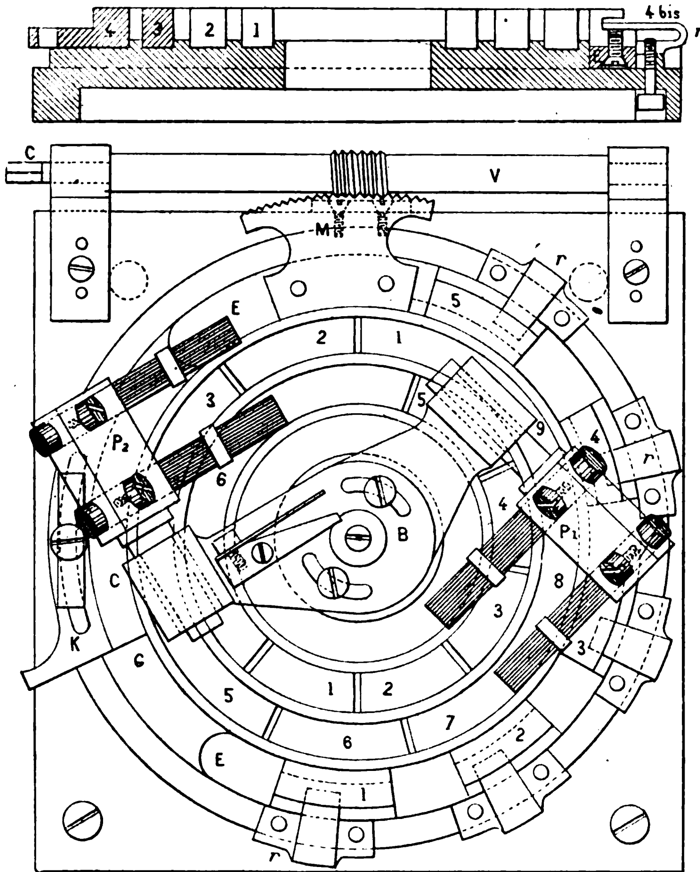


Fig. 14. Distributeur Baudot simple. Plan et coupe transversale.

fait avancer vers l'axe du frotteur, il pousse cet axe juste au moment où la paroi séparant les deux voies du combinateur est enlevée, alors le frotteur *f* passe dans la voie de travail T ; cette action est visible figure 13. Le levier L*a* est ensuite ressaisi par la gorge de la came C*a* et remis à la position de repos. La fig. 13

montre également qu'à la fin du tour une came fixe *Cr* repousse les frotteurs dans la voie de repos, ils sont prêts à être actionnés de nouveau.

Tel qu'il est construit, le traducteur Baudot est d'un usage facile et sans réglage.

Baudot uniple ou simple. Afin de réaliser l'unification du personnel et du matériel, M. Baudot a proposé à l'Administration d'installer des traducteurs seuls sur une ligne, à la place des hughes. On sait qu'il faut au moins trois mois pour former un hughiste passable ; au baudot, un employé est fort au bout d'un mois. On sait aussi que le hughes a un fonctionnement mécanique très dur, susceptible de dérangements et de chocs fréquents ; cet inconvénient, au point de vue du synchronisme surtout, est évité dans le traducteur Baudot. De plus, le réglage du hughes en duplex est très difficile sur une ligne au delà de 300 kilomètres, tandis que le baudot mis en duplex laisse une grande marge au réglage.

Un télégraphe Baudot *uniple* ou *simple* se compose d'un traducteur derrière lequel on a fixé un petit disque distributeur (fig. 14) ; l'axe imprimeur sort de la boîte pour permettre de lui adapter les bras P_1P_2 portant les balais ; l'emploi d'un distributeur, quoiqu'on ne soit plus en multiple, est expliqué par la nécessité de différencier les éléments des signaux, qui ne peuvent se distinguer que par le moment de leur émission. Le disque est divisé en neuf parties, dont cinq servent au signal combiné ; les autres envoient la correction et la séparent du signal. Les émissions sont d'égale durée. A la vitesse de 180 tours, elles ont comme celles du hughes une durée de $\frac{1}{28}$ de seconde ; elles n'auraient que $\frac{1}{22}$ à 150 tours ; on reste entre ces deux limites. Mais la différence entre les moments de deux émissions Hughes, A et B par exemple, n'est que de $\frac{1}{56}$ de seconde, tandis qu'au baudot elle est à 180 tours de $\frac{1}{28}$, c'est-à-dire le double ; à 150 tours, de $\frac{1}{22}$, et à la vitesse du hughes (120 tours) elle serait

de $\frac{1}{18}$ de seconde : c'est une des raisons pour lesquelles les cou-

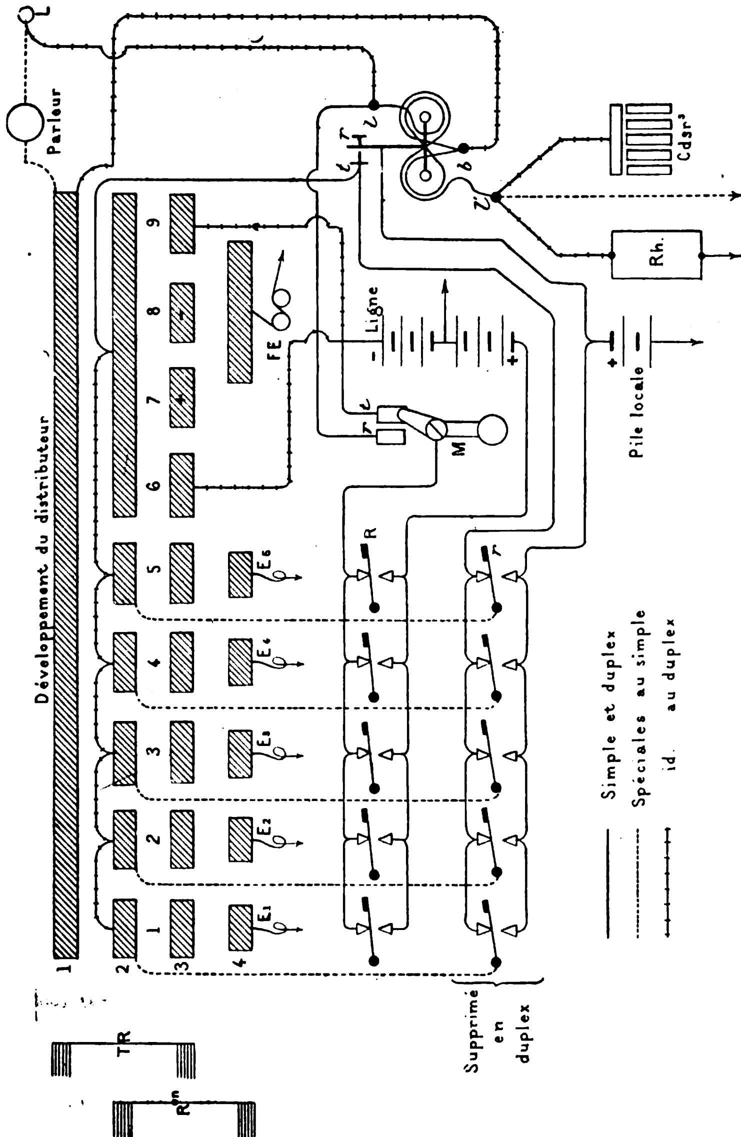


Fig. 15. — Diagramme des communications du Baudot simple, en simple ou en duplex. — Relier les ressorts R aux blocs 1, 2, 3, 4, 5 de la 3e couronne.

rants sont reçus plus sûrement, avec plus de précision, au baudot simple qu'au hughes. Les émissions successives Baudot étant

alternées et également espacées, et les émissions Hughes d'un seul sens et inégalement espacées, on comprend que la charge de la ligne avec le premier est plus uniforme qu'avec le second; c'est une des raisons qui rendent le duplex plus facile à obtenir au baudot qu'au hughes.

La figure 15 représente un diagramme des communications du baudot en simple ou en duplex.

En outre du distributeur, un poste comporte un manipulateur, un relais, un rhéostat et une boîte de condensateurs.

Comme l'employé est obligé de maintenir les doigts abaissés pendant plus de la moitié du tour (au lieu de $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{6}$ en multiple), on ajoute au manipulateur ordinaire, pour la sécurité des émissions, un dispositif d'accrochage qui consiste en 3 petits électro-aimants boiteux, E traversés par le courant qui donne la cadence et attirant des lames de fer doux F fixées aux dernières touches 3, 4 et 5, tout le temps que les balais passent sur les contacts correspondants du distributeur (fig. 16). La came C qui, dans le

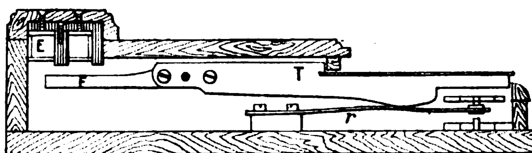


Fig. 16. — Manipulateur à accrochage, à l'usage du Baudot simple.

multiple, ferme le circuit du frein électrique, sert ici à relier à la pile locale la cadence et l'accrochage.

On a enroulé deux circuits sur chaque bobine du relais.

Deux paires de balais diamétralement opposées passent sur les quatre couronnes du distributeur. Examinons les communications de ce système en simple, puis en duplex (fig. 15).

Transmission simple. — La couronne intérieure, d'une seule pièce (1), est reliée à la ligne. Les 5 premiers contacts de la 3[e] couronne sont reliés au manipulateur, ressorts R, par des fils oubliés sur le dessin. Les butoirs de travail de ces ressorts sont reliés à la pile +; leurs butoirs de repos sont en commu-

nication avec le commutateur M du manipulateur, dont le butoir de transmission est réuni à la pile négative. Quand on veut transmettre, on met M sur *r*; les courants + ou — vont aux contacts de 1 à 5; et ils sont émis successivement sur la ligne par les balais TR.

Pour recevoir, on tourne la manette M sur la position *t*. Les courants venant de la ligne par la borne L vont de la couronne 1 à la couronne 3 par les balais, des contacts ils vont aux ressorts R; ceux-ci étant au repos, les courants viennent en M, *t*, traversent successivement les deux circuits du relais dans le même sens, et vont à la terre. Le relais fonctionne : le courant de la pile locale passe de l'armature à son butoir, aux butoirs de repos des ressorts *r*, de ces ressorts aux contacts 1, 2, 3, 4, 5, de la seconde couronne, et par les balais aux électro-aimants aiguilleurs. (Rectifier le sens des spires du relais dans la figure 15).

Si on reçoit le courant correcteur, il passe dans le relais comme les autres; quand les balais R[on] sont sur le contact 6 relié au butoir du relais et sur le contact FE, ils livrent passage au courant local qui va actionner le frein électrique. Si on transmet la correction, on supprime la communication entre le contact 6 (2[e] couronne) et le butoir *t*, et on relie les contacts 7 au +, 8 au —, 3[e] couronne.

L'impression au départ est faite par les ressorts *r* intercalés, comme dans l'appareil multiple, dans le circuit de réception. Une touche abaissée prend la pile locale à son butoir et l'envoie au bloc de la couronne 2 qui lui est relié, de là il va dans l'électro-aiguilleur par les balais R[on] et la couronne 4.

On s'arrange avec le correspondant pour transmettre chacun à son tour, par séries de dix dépêches par exemple. Pour qu'on puisse s'interrompre, — ce qui se dit en télégraphie : se couper, — on a intercalé avant la borne de ligne un parleur ; on le règle de manière qu'il ne fonctionne pas sous l'action d'un courant ordinaire; si je veux couper mon correspondant, je déplace ma manette et je la mets dans la position de transmission; alors mon courant négatif s'ajoutant aux courants positifs de mon correspondant, son parleur fonctionne; il s'arrête et se met sur réception.

Transmission duplex. — En duplex, la manette doit rester transmission. Les courants de mon manipulateur partent par la couronne 1 et arrivent à la bifurcation *b* des circuits du relais ; je règle l'équilibre par le rhéostat R*h* jusqu'à ce que, sa résistance étant égale à celle de la ligne, l'armature du relais ne bouge pas ; l'intensité du courant traversant les deux circuits inverses est la même ; une partie va par le rhéostat à la terre, et l'autre partie par l'autre borne à la ligne. Les courants reçus s'ajoutent ou se retranchent aux miens, mon relais sera actionné par eux seuls, puisque les miens n'ont aucun effet sur lui. Quand la ligne dépasse une certaine longueur, sa capacité devient une gêne pour le réglage du duplex, il faut relier à la ligne factice des condensateurs dont les effets de charge et de décharge se rapprochent de ceux de la ligne réelle.

Comme on reçoit en même temps qu'on transmet, on ne peut plus imprimer au départ ; les 5 ressorts *r* deviennent inutiles. On relie entre eux tous les contacts de la 2e couronne.

Quand on reçoit la correction, on envoie des négatifs par 6, 7, 8, 9, qui s'ajoutent ou se retranchent aux courants reçus par ces contacts.

Tous ces changements de communication pour passer du simple au duplex, ou de la transmission à la réception de la correction, se font au moyen de commutateurs multiples spéciaux formés d'un axe en buis traversé par des goupilles de cuivre pressées d'un côté par des ressorts et appuyant leur autre bout sur l'un ou l'autre de deux contacts, suivant qu'on tourne à gauche ou à droite une manivelle fixée sur l'axe. Pour passer du simple au duplex, on tourne une manivelle ; pour transmettre la correction au lieu de la recevoir, on tourne une deuxième manivelle.

Nous ne donnons pas le dessin complet de ces communications des commutateurs ; il n'aurait d'intérêt pour personne.

Le réglage de la réception des signaux se fait comme dans l'appareil multiple. Le grand contact extérieur de gauche C est mobile, il est relié à l'électro-correcteur, on règle sa position pour assurer la chute des signaux dans leurs contacts respectifs, elle varie suivant l'action plus ou moins énergique du frein. Les 5 contacts de la couronne extérieure reliés aux 5 électro-aimants

du combinateur sont mobiles sur un onglet d'ébonite E dans une glissière G (fig. 14, 14bis) le mouvement leur est donné par un carré C terminant une tige qui engrène avec une pièce dentée M. On déplace plus ou moins ces contacts, suivant la durée de la propagation des courants. On voit qu'ils prennent leur communication électrique par pression de ressorts *r* faisant partie de 5 contacts fixes.

Ce petit baudot est appelé à être installé en France sur les lignes d'importance secondaire, où un multiple est superflu et un hughes insuffisant. L. Baradel.

LES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUTERRAINS
DE L'EMPIRE D'ALLEMAGNE

Le réseau des lignes télégraphiques souterraines de l'empire d'Allemagne comprenait, en 1880, 5464 kilomètres et 37 372 kilomètres de conducteurs; depuis il s'est encore développé et l'on a posé un nouveau câble à 4 conducteurs, entre Kiel et Fluesburg, de 86 kilomètres de longueur et un autre à 3 conducteurs de 62 kilomètres, entre Fluesburg et Hoyer. Ces deux derniers câbles soudent directement le câble sous-marin de la Norvège aux câbles souterrains de l'Allemagne. Actuellement 29 742 kilomètres de conducteurs sont en exploitation permanente, parmi lesquels 11 806 kilomètres sont pourvus d'appareils Hughes, 15 220 kilomètres d'appareils Morse, 1464 kilomètres sont desservis à la fois par ces deux systèmes et 1252 kilomètres sont réservés aux appareils téléphoniques. Il ne reste que quelques artères situées principalement sur les branchements secondaires qui ne soient encore qu'en exploitation provisoire, et tiennent lieu de conducteurs de réserve.

Les câbles souterrains allemands ont été conçus exclusivement dans le but d'établir des communications directes entre les principaux centres de correspondance de l'empire. Ce n'est que dans des cas exceptionnels très rares que l'on a intercalé des bureaux intermédiaires, destinés à des fonctions spéciales, telles que des postes de relais.

Pour donner une idée de l'importance de ces communications directes entre ces centres principaux, nous donnerons le nombre des télégrammes qui ont été échangés du 16 ou 17 novembre 1881, du 16 au 17 février, du 16 au 17 mai, et du 16 au 17 août 1882, entre les villes suivantes :

Entre Berlin et Hambourg,	sur 2	conducteurs	aériens	490	dépêches.
— Cologne,	1	—	—	187	—
— Francfort,	3	—	—	1220	—
	Sur 6	conducteurs	aériens	1897	dépêches
Entre Berlin et Hambourg,	sur 5	conducteurs	souterrains. . .	5015	dépêches.
— Cologne,	3	—	— . . .	2591	—
— Francfort,	4	—	— . . .	3967	—
	Sur 11	conducteurs	souterrains. . .	11573	dépêches.

Les conducteurs souterrains ont donc desservi les 86 pour 100 de la correspondance directe totale.

En 1876, lorsque l'Administration des postes et télégraphes de l'empire résolut d'étendre son réseau souterrain, elle eut à élucider les points suivants :

Serait-il possible d'atteindre une vitesse de transmission suffisante pour ne pas encombrer le service?

Serait-il suffisant d'enfouir le câble à 1 mètre de profondeur sans que l'enveloppe de gutta-percha cessât de donner un bon isolement?

La recherche et la réparation des défauts de la conduite n'entraîneraient-elles pas des difficultés insurmontables?

N'y avait-il pas à craindre que la réunion de plusieurs conducteurs dans un câble, jusqu'à 7, ne donnât lieu à des phénomènes d'induction?

On sait en effet, depuis 1849, que de longs conducteurs recouverts d'une couche isolante et plongés dans l'eau ou dans un milieu humide conducteur, sont le siège, lors de la transmission de signaux, de charges électro-statiques et se comportent comme une bouteille de Leyde de grande surface. Lorsqu'on met le fil en communication avec la batterie, le courant ne le traverse pas instantanément avec toute son intensité comme il le ferait sur un fil aérien, mais seulement au bout d'un temps appréciable nécessaire à la charge totale du condensateur, temps d'autant plus grand que la conduite est plus longue, d'autant

plus court que la couche isolante est plus épaisse. Quand on interrompt la communication, le courant ne cesse pas non plus instantanément; son intensité ne devient nulle que lorsque le câble est complètement déchargé. Mais la décharge étant plus lente que la charge, quand une seule extrémité de la conduite est à la terre, il en résulte que les signaux s'entremêlent et deviennent illisibles, à moins de les séparer par des pauses suffisantes.

Dans l'exploitation des câbles souterrains de grande longueur, il y a donc lieu de rechercher le moyen d'accélérer la décharge et de renoncer aux appareils rapides de Wheatstone et de Hughes.

Quant à la gutta-percha, on sait aussi depuis longtemps qu'au contact de l'air, et à fortiori au contact alternatif de l'air et de l'eau, elle éprouve une oxydation qui la rend cassante et donne lieu à des gerçures, à travers lesquelles l'eau pénètre et compromet l'isolement. On peut, au contraire, lui donner une durée illimitée en l'immergeant dans une couche d'eau suffisante; on obtient de moins bons résultats en enduisant la gutta-percha d'une couche de goudron.

Guidée sous ce double rapport par l'expérience acquise sur les lignes sous-marines, sous-fluviales, ou même souterraines établies dans les forts, l'administration avait tout lieu de croire qu'elle réussirait dans l'installation de lignes souterraines d'un grand développement. Les conducteurs des premières lignes d'essai reliant Halle à Berlin, ont pleinement réalisé les espérances. L'influence mutuelle des conducteurs réunis dans le même câble a été étudiée par des galvanomètres d'une grande précision, et a été reconnue trop faible pour compromettre le bon fonctionnement des appareils télégraphiques ordinaires. Grâce en outre au mode de construction choisi pour le câble, les phénomènes d'induction statique ont été encore plus faibles qu'on n'osait l'espérer, de sorte qu'il y avait tout lieu de penser que des employés bien exercés, aidés d'ailleurs par des appareils spéciaux, viendraient facilement à bout des difficultés de correspondance.

Ces prévisions se sont complètement réalisées. Actuellement l'on se sert des mêmes appareils de Hughes et de Morse en usage

sur les lignes aériennes, et l'on se passe des organes spéciaux pour accélerer la décharge du câble sur des distances convenables; on obtient cependant à peu près la même vitesse de transmission que sur les lignes aériennes. Bien entendu, les appareils ne sont pas en relation directe les uns avec les autres; on se sert de relais de Hughes et de batteries locales.

Il n'en est plus de même pour de plus longues lignes, au delà de 300 kilomètres par exemple. Un poste de relais est alors absolument nécessaire et on a été ramené à recourir aux mêmes artifices employés primitivement sur les lignes aériennes, sans cependant les répéter aussi souvent. Ainsi il n'y en a qu'un entre Berlin et Francfort, deux entre Berlin et Cologne, sans compromettre la rapidité de la transmission des dépêches. Au fur et à mesure que le réseau s'est complété, mettant à profit l'expérience acquise, on a modifié la construction du câble; on a sensiblement diminué le diamètre de l'âme centrale et l'on a obtenu cependant des propriétés conductrices plus avantageuses, ce qui a permis de reculer encore la distance des relais.

(*A suivre.*) (*Zeitschrift für Elektrotechnik.*)

TRAVAIL MÉCANIQUE CONSOMMÉ
PAR L'ÉLECTROLYSE DE CERTAINS SULFURES ET AUTRES SELS MÉTALLIQUES

PAR L'INGÉNIEUR E. MARCHESE[1]

Parmi les multiples applications de l'électricité, aucune n'est peut-être appelée à un plus grand développement industriel que l'électrochimie et notamment l'électro-métallurgie. C'est cependant une des branches de la science sur lesquelles il a été le moins écrit; aussi devons-nous saisir avec empressement les rares documents susceptibles d'éclairer cette importante question, surtout lorsqu'ils se présentent sous la forme essentiellement pratique du travail que nous analysons aujourd'hui.

L'affinage du cuivre brut par l'électrolyse est passé depuis quelque

[1] *Giornale dei Lavori pubblici e delle Strade ferrate.* Gênes, 1883.

temps déjà, grâce à de patientes études, à l'état de fait réellement acquis à l'industrie, et nous avons tous remarqué les admirables spécimens de cuivre électrolytique exposés à Paris en 1881. La France, l'Allemagne, la Belgique et l'Italie possèdent aujourd'hui un certain nombre d'établissements qui livrent constamment au commerce des produits ainsi purifiés.

Ce procédé a remplacé la délicate opération qui avait pour objet de débarrasser des métaux hétérogènes et des métalloïdes le cuivre brut provenant du traitement métallurgique; et l'action de la force mécanique et du courant électrique engendré par elle s'est avantageusement substituée à celle du combustible et de la main-d'œuvre.

L'application de l'électrolyse au traitement des minerais eux-mêmes, soit de cuivre, soit de zinc, a été ensuite suggérée par divers savants. Les procédés mis en avant consistent sommairement dans la conversion, par grillage, du sulfure métallique (minerai) en sulfate, et dans l'électrolyse d'une dissolution du sulfate ainsi obtenu.

Ce mode d'opérer présente plusieurs inconvénients, tels que le travail mécanique considérable exigé pour la décomposition du sulfate métallique et les difficultés ou pertes provenant du phénomène dit de polarisation, sans parler du déchet inhérent à la sulfatation ou à l'oxydation incomplète du minerai dans l'opération du grillage.

C'est pour parer à ces inconvénients que l'auteur s'est proposé l'étude du traitement *direct* des sulfures métalliques employés comme anodes. Ces sulfures exigent en effet un travail de décomposition bien inférieur à celui que demandent les sulfates correspondants, et la force électromotrice (proportionnelle à ce travail) nécessaire à la décomposition reste comprise entre des limites assez basses pour éliminer dans une large mesure les inconvénients pratiques de la polarisation.

Afin de donner à son étude une base solide et positive, M. Marchese considère certains sulfures métalliques déterminés et les sulfates correspondants; il compare ensuite dans les deux cas le travail mécanique absorbé du fait de la décomposition chimique, de la polarisation et des diverses résistances constituant le circuit électrolytique; et il traite finalement la question du travail maximum et celle du rendement du générateur électrique actionné mécaniquement pour effectuer le travail de décomposition électrolytique.

Les principes de la thermo-chimie nous apprennent qu'un sel absorbe, pour se décomposer en ses éléments constitutifs, le même nombre de calories qu'il a dégagées dans sa formation. Pour passer de là au travail mécanique absorbé par cette décomposition, il suffit de con-

vertir la calorie en son équivalent mécanique; et, par comparaison avec la force électromotrice correspondante, on arrive enfin à déterminer les éléments électro-dynamiques du circuit comprenant la source électrique, les conducteurs et le bain électrolytique ou voltamètre.

L'auteur a pris comme éléments de calcul les chiffres fournis par l'*Annuaire du Bureau des longitudes* (1882) tant pour les nombres de calories développées par la combinaison chimique que pour l'équivalent mécanique de la chaleur, soit 425 kilogrammètres. Quant à la force électromotrice qui correspond à l'action chimique produite par la dissolution d'un équivalent électro-chimique du métal attaqué, l'auteur part de cette donnée que dans l'élément Daniell, la transformation du zinc en sulfate, compensation faite de la décomposition du sulfate de cuivre, libère 24,5 calories, équivalant à la force électromotrice de 1,06 volt, et il ramène l'unité pratique de force électromotrice (volt) à $\frac{24,500}{1,06} = 23,113$ calories quand il veut déterminer la force électromotrice que doit avoir le courant pour produire la décomposition chimique qu'il s'agit d'obtenir.

Le défaut d'exactitude rigoureuse que peuvent présenter quelques-unes de ces données, sur la valeur desquelles il existe encore quelques divergences entre les divers auteurs, n'est pas de nature à altérer sensiblement les résultats définitifs de ce travail.

Éléments de l'équation du travail électrolytique. — Étant donné un circuit électrolytique composé d'un générateur d'électricité, des conducteurs et d'un ou plusieurs voltamètres, si E représente la force électromotrice du générateur, e celle qui correspond à la décomposition électrolytique effectuée par le passage du courant dans le voltamètre, $E - e$ est la force électromotrice effective qui produit le courant et est absorbée par les résistances passives du circuit. Si l'on désigne par Σr l'ensemble de ces résistances, le régime d'intensité I dans le circuit est, d'après la loi d'Ohm, exprimé par la formule :

$$I = \frac{E - e}{\Sigma r}.$$

Or, l'intensité étant proportionnelle à la quantité d'électrolyte décomposée dans l'unité de temps, elle représente le *travail utile* de l'électrolyse, qui est ainsi directement proportionnel à $E - e$, et en

raison inverse de Σr. Pour un générateur de force électromotrice E, l'intensité ou le travail utile est ainsi fonction de e et de Σr.

Par suite, dans l'étude des résultats économiques fournis par l'électrolyse d'un sulfure métallique comparativement à celle du sulfate correspondant, il suffit d'examiner comment se comportent dans les deux cas les quantités e et Σr qui déterminent, comme on vient de le voir, le travail ulile.

Travail de décomposition chimique. — La quantité $E - e$ dont le travail utile est fonction directe est d'autant plus grande que e est plus petit. Étant donné un générateur de force électromotrice E, la quantité (proportionnelle à I) décomposée de l'électrolyte sera donc d'autant plus considérable que la force électromotrice e exigée pour la décomposition sera elle-même plus faible.

On est ainsi conduit à examiner les valeurs de e pour les sulfures métalliques et à les comparer à celles afférentes aux sulfates correspondants.

La force électromotrice e étant proportionnelle au nombre de calories absorbées par la décomposition, qui est lui-même égal au nombre de calories dégagées dans la combinaison, nous aurons recours aux données de la thermo-chimie.

Nous prendrons pour exemples le plomb, le cuivre, le zinc et l'argent, comme étant les métaux qui se présentent le plus communément à l'état de sulfures dans l'industrie minière et métallurgique.

Décomposition des sulfures. — En admettant que ces sulfures métalliques renferment un équivalent de métal, suivant la formule $S + M$, les données de M. Berthelot fournissent pour la formation de chacun d'eux les nombres de calories suivants :

SULFURE DE	ÉQUIVALENT DU COMPOSÉ	ÉQUIVALENT DU MÉTAL	CALORIES DE COMBINAISON
Plomb	119,5	103,5	8,9
Cuivre	47,5	31,5	5,1
Zinc	48,5	32,5	21,5
Argent	124,0	108,0	1,5

et en vertu du principe énoncé plus haut, la dernière colonne représente également le nombre de calories nécessaires à la décomposition de chacun des sulfures correspondants.

La conversion de ce travail de décomposition chimique en travail

mécanique rend la comparaison plus facile. La calorie équivalant à 425 kilogrammètres et 119,5 grammes de sulfure de plomb, par exemple, renfermant 103,5 grammes de plomb, la libération d'un gramme de plomb métallique exigera

$$\frac{8,9 \times 425}{103,5} = 36,545 \text{ kilogrammètres},$$

soit pour une tonne de mille kilogrammes de plomb,

36 545 000 kilogrammètres.

En opérant de même pour les autres métaux, et se rappelant que la réduction du travail en chevaux-vapeur de 75 kilogrammètres par seconde s'obtient par la relation

$$75^k \times 3\,600'' \times 24^h = 6\,480\,000 \text{ kilogrammètres en 24 heures},$$

on trouvera les nombres de chevaux-vapeur nécessaires à la libération en vingt-quatre heures d'une tonne des métaux considérés, par décomposition de leurs sulfures, en appliquant la formule suivante :

$$\frac{\text{nombre de calories} \times 425 \times 1\,000\,000}{\text{équivalent du métal} \times 6\,480\,000}.$$

On arrive ainsi pour la dissociation, en vingt-quatre heures, d'une tonne de :

Plomb . . . . à	5,639	chevaux-vapeur
Cuivre	10,618	—
Zinc	43,381	—
Argent	0,910	—

extraite du sulfure correspondant de la forme S + M.

Ce travail mécanique rapporté à l'équivalent de chacun des métaux s'obtient par la simple multiplication du nombre de calories C afférent au composé par l'équivalent mécanique de la chaleur

$$C \times 425;$$

il est relaté dans le tableau suivant :

SULFURE DE	ÉQUIVALENT DU COMPOSÉ	ÉQUIVALENT DU MÉTAL	TRAVAIL DE DÉCOMPOSITION	
			EN CALORIES C.	EN KILOGRAMMÈTRES km.
Plomb.	119,5	103,5	8,9	3782,5
Cuivre.	47,5	31,5	5,1	2167,5
Zinc.	48,5	32,5	21,5	9137,5
Argent.	124,0	108,0	1,5	657,5

Pour déterminer les valeurs de e, c'est-à-dire la force électromotrice consommée du fait de la décomposition électrolytique, il suffit de comparer les nombres de calories considérés comme mesure des actions chimiques à la relation prise pratiquement comme base, c'est-à-dire :

$$1 \text{ volt} = 23,113 \text{ calories},$$

d'où

$$1 \text{ calorie} = \frac{1 \text{ volt}}{23,113},$$

ce qui donne pour e les valeurs suivantes :

$$\text{Pour le sulfure de plomb : } e = \frac{8,9}{23,113} = 0,385 \text{ volt}$$

$$\text{— cuivre : } e = \frac{5,1}{23,113} = 0,220 \text{ —}$$

$$\text{— zinc : } e = \frac{21,5}{23,113} = 0,930 \text{ —}$$

$$\text{— argent : } e = \frac{1,5}{23,113} = 0,064 \text{ —}$$

et comme E et Σr sont données, on peut calculer le régime d'intensité I ainsi que le travail utile pour chacun des sulfures considérés.

Cette force électromotrice e dépend uniquement de l'état de combinaison du composé soumis à l'électrolyse (ici le sulfure); elle est complètement indépendante des combinaisons intermédiaires par lesquelles peuvent passer les éléments constituants dans l'opération électrolytique avant de se trouver en liberté à leurs électrodes respectives, l'un à l'état métallique, l'autre à l'état de soufre.

Il en est du travail chimique comme du travail mécanique, en ce sens que le travail absorbé pour élever un poids d'un point à un autre

dépend uniquement de la hauteur, de la différence de niveau à laquelle le poids se trouve élevé, quel que soit le trajet parcouru entre les deux points extrêmes considérés.

Aussi un sulfure de cuivre faisant fonction d'électrode positive dans un bain électrolytique de sulfate de cuivre avec une lame métallique pour électrode négative sera-t-il décomposé à la seule condition que la force électromotrice du générateur électrique soit supérieure à e, bien que la force électromotrice exigée pour la décomposition du sulfate soit bien supérieure, parce que cette force électromotrice de dissociation du sulfate est exactement compensée par la force électromotrice égale engendrée par la conversion en sulfate de la molécule de cuivre qui était unie au soufre dans le sulfure.

Ce fait est général, sauf dans le cas où l'électrolyte donne lieu à des combinaisons secondaires autres que celles qu'il s'agit finalement d'obtenir.

Décomposition des sulfates. — Passant maintenant aux sulfates des métaux considérés pour arriver à la comparaison qui fait l'objet de cette étude, on a pour les calories nécessaires à la décomposition d'un équivalent de sulfate de la forme $SO^4 + M$ les nombres indiqués dans la colonne 7 du tableau ci-dessous :

MÉTAL.		OXYDATION.		SULFATATION.		SULFATE.
DÉSIGNATION	ÉQUIVALENT	ÉQUIVALENT de l'oxyde	CALORIES	ÉQUIVALENT du sulfate	CALORIES DE sulfatation	CALORIES
1	2	3	4	5	6	7
Plomb.	103,5	111,5	25,5	151,5	19,5	45,0
Cuivre.	31,5	39,5	19,2	79,5	10,5	29,7
Zinc.	32,5	40,5	43,2	80,5	11,9	55,1
Argent.	108,0	116,5	3,5	156,5	17,9	21,4

Comme on peut le remarquer à première vue, le nombre de calories, c'est-à-dire le travail mécanique absorbé par la décomposition d'un sulfate métallique, est un multiple de celui nécessaire à la décomposition d'un sulfure. Dans ce dernier cas en effet on n'a à vaincre que l'affinité du métal pour le soufre ; dans le premier au contraire, il faut vaincre l'affinité de l'acide pour la base, et celle de l'oxygène pour le métal qu'il s'agit d'isoler.

Ces deux affinités différentes, dont les chiffres précédents donnent la somme, sont exprimées par les nombres inscrits dans les colonnes 4 et 6 du même tableau

Ces résultats tout d'expérience ne sont naturellement qu'approximatifs ; mais, quelles que soient les différences entre les chiffres trouvés par les divers opérateurs, ils suffisent à montrer l'importance du travail mécanique nécessaire pour vaincre l'ensemble de ces deux affinités comparativement à celui exigé par la décomposition des sulfures métalliques. Et le nombre de calories serait encore plus élevé si l'on considérait l'acide et la base anhydres, hypothèse qui paraît mieux correspondre au cas de l'électrolyse quand elle s'effectue avec des lames métalliques, comme dans la galvanoplastie, dans le raffinage du cuivre, ou bien avec l'électrode en sulfure métallique d'après le système proposé par l'auteur. Mais pour le cas de l'électrolyse d'un sulfate métallique préalablement préparé et en dissolution dans le voltamètre, il faut tenir compte de ce qu'au dépôt de cuivre métallique sur l'électrode négative correspond le transport à l'électrode positive d'une quantité équivalente d'acide sulfurique et d'oxygène, qui dans ce cas restent en liberté, faute de métal ou de composé à attaquer. Or l'oxygène se dégage librement et n'engendre certainement pas de chaleur, si même il n'est pas absorbé en formation d'ozone autour de l'électrode positive. Mais la molécule d'acide sulfurique reste dans le bain et, au contact de l'eau, se combine avec elle en développant un certain nombre de calories qui serait de 9,5 pour l'eau pure, mais qui doit varier par suite de la présence du sulfate de cuivre dont l'eau est plus ou moins saturée dans le voltamètre.

Ces chiffres peuvent donc être admis, sans risque d'erreur au détriment des sulfates métalliques; ils concordent d'ailleurs assez sensiblement avec ceux de Favre, qui s'est beaucoup occupé de la question et a trouvé pour le :

Sulfate de zinc.	54,296 calories.
Sulfate de cuivre	26,950 —

Un calcul analogue au précédent permet, en ce qui concerne la décomposition des sulfates, de passer du travail exprimé en calories, suivant le tableau ci-dessus, à l'expression mécanique de ce même travail. On trouve ainsi que, pour précipiter en vingt-quatre heures une tonne de métal. la décomposition du sulfate correspondant absorbe un travail mécanique :

Pour le plomb . . . . de	28,515 chevaux-vapeur.
Pour le cuivre	61,838 —
Pour le zinc	111,194 —
Pour l'argent.	12,996 —

De même, si l'on veut déterminer la force électromotrice minima

nécessaire au courant pour la décomposition de ces sulfates, on arrive par un calcul du même genre :

$$\text{Pour le plomb à } \frac{45,0}{23,113} = 1.94 \text{ volt}$$

$$\text{— cuivre à } \frac{29,7}{23,113} = 1,28 \text{ —}$$

$$\text{— zinc à } \frac{55,1}{23,113} = 2,38 \text{ —}$$

$$\text{— argent à } \frac{21,4}{23,113} = 0,92 \text{ —}$$

En comparant maintenant les valeurs relatives afférentes aux sulfures et aux sulfates, et désignant par e la force électromotrice nécessaire à la décomposition des sulfures et par e' celle nécessaire à la décomposition des sulfates, on trouve :

$$\text{Pour le plomb } \frac{e}{e'} = 0,198$$

$$\text{— cuivre } \frac{e}{e'} = 0,171$$

$$\text{— zinc } \frac{e}{e'} = 0,390$$

$$\text{— argent } \frac{e}{e'} = 0,069$$

soit, en moyenne, un rapport égal à 0,207, c'est-à-dire *un cinquième*.

Ainsi la force électromotrice e consommée pour précipiter un métal de son sulfure, supposé de la forme $S + M$, est en moyenne, pour les métaux considérés, cinq fois moindre que celle nécessaire à la précipitation du même métal de son sulfate, supposé de la forme $SO^4 + M$. Et par suite, d'après ce qui a été dit plus haut, tous les autres éléments du circuit restant les mêmes, l'électrolyse de ces sulfures donne un rendement *cinq fois* plus grand que celle des sulfates.

Les sulfates ont été pris comme exemple en raison de ce que la sulfatation des sulfures est le moyen le plus généralement proposé jusqu'ici pour le traitement électrolytique des minerais. D'un autre côté, c'est par raison de symétrie que les sulfates de plomb et d'argent ont été mis en jeu, la très faible solubilité de ces deux sels ne les désignant pas pour le traitement électrolytique des métaux correspondants. Mais pour les autres sels (chlorures, nitrates, acétates, etc.,) la dis-

proportion considérable de travail absorbé par la décomposition des sels à base métallique reste toujours dans le même ordre de grandeur; il faut en effet toujours vaincre l'affinité du métal pour l'oxygène, affinité qui est souvent la composante la plus importante de l'affinité totale dans les sels à base métallique. En ce qui concerne les chlorures, le nombre de calories exigées par leur décomposition reste tout à fait voisin de celui nécessaire aux sulfates; ainsi :

La décomposition	du chlorure de	plomb	absorbe	42,6	calories.
—	—	cuivre	—	25,8	—
	—	zinc	—	48,6	—
—	—	argent	—	29,2	—

Travail de polarisation. — Au lieu de prendre pour point de départ la formule

$$I = \frac{E - e}{\Sigma r},$$

on peut partir de l'expression générale du travail électrique en kilogrammètres

$$T = \frac{eI}{g};$$

on arriverait aux mêmes résultat que précédemment.

Nous avons vu combien, à cet égard, la décomposition électrolytique des sulfures métalliques est plus avantageuse que celle des sulfates.

Mais dans la pratique on n'obtient pas le rendement théorique correspondant au travail consommé, et cela généralement à cause des pertes dues au phénomène de *polarisation.*

Ce phénomène n'est ni clairement ni uniformément conçu et expliqué par tous les électriciens.

Pour certains d'entre eux le phénomène de la polarisation est la réaction chimique de dissociation qui se produit nécessairement quand le courant possède la force électromotrice voulue. Dans le cas qui nous occupe ce serait le *travail utile*, c'est-à-dire celui qui absorbe la force électromotrice du courant correspondant au nombre de calories exigées pour la décomposition. Considérée à ce point de vue, la force de polarisation se confond avec les chiffres énoncés au paragraphe précédent, où nous avons montré que, pour les métaux étudiés, le travail de dissociation est en moyenne cinq fois moindre pour les sulfures que pour les sulfates correspondants.

La plupart des électriciens comprennent sous le nom de polarisa-

tion la consommation de force électromotrice (et par suite d'intensité) déterminée par les contre-courants qui se produisent lorsque les gaz provenant de la dissociation électrolytique et non transformés en autres produits dans l'électrolyte sont libres de se dégager à la surface des électrodes, de s'y condenser en partie, d'y adhérer plus ou moins fortement et peut-être même d'entrer avec elles dans une sorte de combinaison; ou bien ils y voient l'augmentation de résistance produite dans cette masse de gaz condensés interposée entre la surface conductrice de l'électrode et celle encore conductrice de l'électrolyte; pour mieux dire, ce phénomène est pour eux l'ensemble de ces deux causes intervenant simultanément pour diminuer l'intensité du courant, c'est-à-dire le travail utile.

Ainsi la pratique constate que l'hydrogène libre de se dégager sur l'électrode négative donne lieu à l'action de polarisation la plus énergique.

A cet égard l'électrolyse des sulfures considérés présente encore sur celle des sulfates correspondants un immense avantage. Le dégagement des gaz dans l'électrolyse tient en effet à la décomposition de l'eau. L'eau se décomposant sous l'action d'une force électromotrice correspondant à 34,5 calories, on ne peut éviter le dégagement de l'hydrogène et de l'oxygène aux deux électrodes qu'en faisant traverser l'électrolyte par un courant de force électromotrice inférieure à celle qui équivaut à 34,5 calories. Or, d'après ce que nous avons vu, les sulfates et généralement les sels analogues des métaux considérés ne peuvent se décomposer que sous l'action d'une force électromotrice supérieure à celle exigée par la décomposition de l'eau. Partant, dans le cas qui nous occupe, la décomposition de l'eau de l'électrolyte est généralement et pratiquement inévitable, aussi bien que la polarisation résultant de l'accumulation des éléments gazeux sur les électrodes. Une partie du travail est donc ainsi inutilement absorbée, d'autant plus que les gaz libérés donnent naissance à un contre-courant capable de neutraliser une partie considérable du courant primitif, au détriment de l'intensité générale dans le circuit et, par suite, du travail utile. Ce fait étant permanent, aucun réactif introduit dans l'électrolyte ne peut le faire disparaître; il se renouvelle constamment. Il n'en est pas de même avec les sulfures en question; la force électromotrice nécessaire à leur décomposition étant inférieure à celle exigée pour décomposer l'eau, puisque le nombre de calories qu'ils absorbent varie entre 1,5 (pour le sulfure d'argent) et 21,5 (pour le sulfure de zinc), on évite complètement l'inconvénient ci-dessus.

Il suffit à cet effet que la différence de potentiel entre l'anode et la cathode soit maintenue au-dessous de celle qui équivaut à 34,5 calories,

ce que l'on peut toujours obtenir soit avec un générateur électrique à basse force électromotrice, soit en disposant les bains en tension si la source d'électricité adoptée a une force électromotrice plus élevée; ou bien encore, dans ce dernier cas, à l'aide de résistances interposées dans le circuit conducteur, et calculées de manière à laisser disponible entre les deux électrodes la différence de potentiel voulue.

Le traitement des sulfures présente encore, relativement à celui des sulfates, l'avantage de parer à un autre inconvénient, à savoir la variation inévitable de l'acidité de l'électrolyte, inconvénient qui se produit nécessairement dans l'électrolyse des sulfates. Cette variation a pour effet non seulement de donner au circuit une résistance constamment variable, mais encore, lorsque cette acidité atteint un certain point, de déterminer, par l'accumulation de l'acide dans la région de l'anode, des phénomènes de polarisation et des courants secondaires, susceptibles de créer des difficultés d'autant plus grandes que les lois en sont encore mal connues.

Finalement, du fait qu'on peut également constater un faible courant dans des cas où l'électrolyse devrait s'effectuer sans donner lieu à un dégagement apparent et à une condensation de gaz à la surface des électrodes, quelques-uns concluent qu'un phénomène de polarisation, bien qu'incomparablement moindre relativement, peut se présenter dans l'électrolyse par suite du travail mécanique nécessaire pour donner à la molécule de l'électrolyte l'orientation qu'on suppose correspondre à la tension électrique dont elle se charge.

L'existence de cette polarisation en dehors de celle déterminée par le dégagement des gaz peut se déduire du fait que, d'après les mesures de Lenz et Sœlvezer, des lames de cuivre dans une solution d'acide sulfurique donnent une polarisation égale à 0,99 Daniell, tandis que les mêmes lames, dans une solution d'acide nitrique, n'en présentent qu'une de 0,005 Daniell, soit environ deux cents fois moindre.

Mais pour cette polarisation qui dépendrait uniquement d'un travail absorbé dans la disposition moléculaire différente de l'électrolyte, travail qu'on peut supposer égal dans le cas des sulfures et dans celui des sulfates, il ne peut évidemment y avoir aucune raison de consommation de travail supérieure dans le traitement électrolytique des sulfures comparativement à celui des sulfates.

Il résulte en somme, de tout ce qui précède, que le phénomène de la polarisation dans le traitement électrolytique des sulfures métalliques est une cause de perte de travail incomparablement inférieure à celle qui se produit dans le traitement électrolytique des sulfates. Et cela surtout en raison de ce fait capital que la dissociation électrolytique des sulfures peut s'obtenir sans dégagement ni condensa-

tion des gaz constituants de l'eau à la surface des électrodes, cause principale de la polarisation dans la pratique; car, suivant Schellen et Kareis, « lorsque les lames métalliques ne peuvent se recouvrir de bulles gazeuses, il ne peut se produire de polarisation ».

Un calcul, au point de vue de la polarisation, analogue à celui antérieurement fait pour la force électromotrice, serait trop difficile à défaut de données exactes et multiples d'où l'on puisse déduire l'abaissement de force électromotrice résultant dans chaque cas de la polarisation. Il suffit de noter, d'après les données fournies par les expérimentateurs précités, ce seul point que des électrodes de platine dans une solution d'acide sulfurique (6 volumes d'acide sulfurique concentré pour 100 volumes d'eau) donneraient une polarisation équivalente à 2,52 Daniell. Mais, pour nous en tenir uniquement au cas des lames de cuivre dans une solution d'acide sulfurique, nous avons vu qu'on a comme polarisation 0,99 volt. C'est le cas le plus analogue à la pratique où, dans l'électrolyse du sulfate de cuivre, le cuivre se dépose sur la lame de même métal et la solution devient de plus en plus acide sous l'action de l'acide sulfurique que libère constamment le progrès croissant de la décomposition électrolytique. En admettant la donnée ci-dessus, on arriverait à ce résultat que, pour séparer le cuivre et le soufre du sulfure métallique (S + M), il suffit de 5,1 calories ou 0,385 volt, tandis que la dissociation du sulfate (obtenu d'abord par le grillage) exige :

Calories de dissociation du sulfate . . .	29,7	soit	1,28	volt
Polarisation probable	25,0	soit	0,99	—
Total : Calories. . . .	54,7	ou	2,27	volts,

c'est-à-dire plus de dix fois plus de travail que n'en exige l'électrolyse directe du sulfure métallique employé comme anode.

(*A suivre.*) E. B.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

—

ÉCLAIRAGE DES PHARES. — Dans le numéro du 1er août 1883 de ce journal (nº 56), sous le titre : *le professeur John Tyndall et le Board of Trade;* dans celui du 15 août 1883 (nº 57), sous le même titre; dans le numéro du 1er octobre 1883 (nº 60), sous le titre : *la Commission des phares irlandais*, et enfin, dans le numéro du 1er février 1884

(n° 68), nous avons relaté les péripéties par lesquelles ont passé les préliminaires de l'étude de la question de l'éclairage des phares, étude actuellement en cours.

La question n'était cependant pas destinée à rester sans solution.

A la suite de la dissolution de la commission préalablement nommée, le *Board of Trade* s'en est remis à la Corporation des phares, connue en Angleterre, comme institution, sous le nom de *Trinity House*, les membres de cette Corporation jouissant, collectivement, du titre de *Elder Brethren*, dénomination qui, traduite littéralement (frères plus âgés), ne signifie pas grand'chose, mais qui, traduite en langage libre, répondrait à l'appellation de vieux frères ou vieux copains.

Une commission des membres de cette institution, et composée des membres suivants, fut appointée :

Capitaine S. Webb, président; capitaine Nisbet, Weller, Burne, Vyvyan, amiral sir Leopold, M. Clintock et M. Inglis, secrétaire de la Corporation. M. Price Edwards, secrétaire de la commission originale, démissionnaire, a été maintenu dans les mêmes fonctions auprès de la commission actuelle.

Sir James Douglas, l'ingénieur de la Corporation, est conseil de la Commission sur les questions de détail; M. Harold Dixon est chargé des observations et mesures photométriques, et M. Vernon Harcourt est député par le *Board of Trade* pour surveiller les expériences pour son compte.

Les Corporations des phares d'Écosse et d'Irlande agissent conjointement avec celle de *Trinity House*, et les représentants de divers gouvernements étrangers suivent officiellement ces expériences dont les résultats ont le plus grand intérêt pour les nations maritimes du monde entier.

L'éclairage des deux phares de South Foreland, connus respectivement sous les noms de phare supérieur et phare inférieur, consistait, à l'origine, en feux de charbon de terre. Il se compose actuellement de foyers électriques installés en 1857 par le professeur Holmes, dont la machine magnéto-électrique se trouve décrite dans tous les ouvrages traitant spécialement de la matière.

Quatre de ces machines sont installées, soit deux par phare, et l'une de chaque paire de machines alimente sa lampe tandis que l'autre est tenue en réserve, en cas d'accident à la première.

Une réserve de force motrice est aussi maintenue, en cas d'accident à la machine à vapeur, chacun des deux moteurs du type fixe horizontal à simple cylindre, étant d'une force de 10 chevaux nominaux, mais capable d'en développer 30.

Les chaudières sont également installées en double : elles consistent en deux chaudières *Cornish* de 4^m,50 de long et 1^m,80 de diamètre, dont l'une fonctionne et l'autre est tenue en réserve.

Il y a donc, pour les expériences en cours, abondance de force motrice, un seul des 2 moteurs étant suffisant pour actionner les 4 machines Holmes avec un excès de force considérable.

Un bâtiment en briques, d'une longueur de 114 mètres, a été bâti et érigé en laboratoire photométrique. Il est pourvu de tous les appareils nécessaires aux usages auxquels il est destiné, et servira, à l'avenir, à l'essai de tous les gros foyers.

Les trois tours en bois dont nous avons parlé sont marquées A, B, C, et sont employées respectivement à l'étude des éclairages électrique, au gaz, et à l'huile. Les tours sont placées à 54 mètres les unes des autres, la tour A, ou première, étant elle-même à 74 mètres du phare supérieur. La hauteur focale des trois tours est la même, 110 mètres au-dessus du niveau de la mer, et 4^m,50 au-dessous du foyer du phare supérieur.

Les machines et lampes, chacune au nombre de deux, employées dans la section électrique des essais en question, sont de M. de Méritens ; une troisième série doit être ajoutée. Les foyers sont placés sur une verticale, et les crayons sont multiples, c'est-à-dire composés d'un faisceau de petits crayons disposés de manière à présenter une section carrée, 49 crayons donnant une section de 10 centimètres carrés.

Chacune des machines de Méritens, lesquelles sont installées auprès des machines Holmes, est disposée pour fonctionner au 1/5e, 2/5e, 3/5e et 5/5e de sa capacité, et est estimée, dans ces conditions respectives, donner un foyer d'une intensité égale à 6000, 12 000, 18 000 et 30 000 candles (625, 1250, 1875 et 3125 carcels). Les machines peuvent fonctionner séparément ou être accouplées ; comme celles de Holmes, elles sont à faible tension et peu sujettes aux avaries ou accidents.

La tour B est éclairée au gaz, un gazomètre et des brûleurs du système Wigham, analogues à ceux employés sur la côte irlandaise, sont employés.

L'usine à gaz comprend six cornues, des épurateurs, un gazomètre contenant environ 13 mètres cubes, et un compteur.

Les brûleurs, qui sont superposés verticalement, sont au nombre de quatre et peuvent être employés ensemble ou séparément, c'est-à-dire en simple, en double, en triple ou en quadruple, suivant l'état de l'atmosphère.

Chaque brûleur est formé d'une série de cinq anneaux concentriques, l'anneau intérieur ayant 28 jets et les quatre autres 20 chacun, total 108 jets par brûleur.

Chaque brûleur est estimé d'une puissance lumineuse de 3000 candles (315 carcels).

Dans la tour C, trois brûleurs à huile, disposés en étagères, ayant chacun six mèches concentriques et donnant chacun 720 candles (75 carcels), sont alimentés par un réservoir extérieur de parafine d'où l'huile est envoyée aux lampes sous une faible pression, au moyen d'un agencement semblable à celui employé pour fournir la pression hydraulique. Les brûleurs sont tous installés en double, un brûleur de réserve pouvant être substitué à un autre sans perte appréciable de temps.

Une route a été tracée à l'intérieur des terres, dans la direction des foyers, sur une distance de 4200 mètres; cette route est jalonnée de 30 en 30 mètres.

Trois huttes sont installées à des distances de 800 mètres, 2100 mètres et 4200 mètres. Un employé réside dans chacune de ces huttes, lesquelles sont pourvues d'instruments complets pour les observations photométriques.

La hutte numéro 1 ou la plus rapprochée est particulièrement destinée aux observations en temps de brouillard.

Des observations sont également faites depuis certains établissements de garde-côtes et depuis deux phares flottants (lightships) ancrés respectivement à 13 et 20 kilomètres en mer.

Les observateurs enregistrent leurs observations dans un livre réglé en tableaux, et sont pourvus d'instructions complètes leur enseignant les différentes méthodes d'observation; ils sont, de plus, munis de cartes terrestres et maritimes indiquant les espaces illuminés, au nord et au sud de South Foreland.

La commission a établi son quartier général près du terrain d'expérience, l'un d'entre les membres étant constamment sur place. La durée des expériences, commencées depuis environ un mois, sera de cinq à six mois.

Toutes les expériences possibles et imaginables, sur toutes les variétés de brûleurs convenables pour les usages de phares, et dans toutes les conditions atmosphériques possibles sont faites, celles relatives aux temps de brouillard recevront une attention toute particulière.

La commission expérimentera sur tous les types de brûleurs qui pourront lui être fournis, après s'être préalablement assurée que ceux-ci sont convenables pour les objets en vue. J. A. Berly.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DOMESTIQUE

Tout le monde cherche aujourd'hui à s'éclairer — plus ou moins — à l'électricité : les nombreuses questions que nous posent à ce sujet nos lecteurs nous prouvent que des moyens pratiques de réaliser l'éclairage électrique domestique auraient un succès considérable, aussi croyons-nous utile, pour encourager les recherches des uns et mettre un frein aux exigences des autres, de passer en revue les moyens actuellement connus qui permettent de résoudre plus ou moins complètement le problème.

Il n'existe pas à la vérité de système parfait d'éclairage électrique domestique, aussi, en signalant les diverses solutions, aurons-nous soin d'indiquer quelles circonstances leur sont les plus favorables et doivent en dicter le choix.

L'idéal, non pas irréalisable, mais irréalisé jusqu'ici, en France du moins, serait une distribution d'électricité à domicile, amenant l'énergie électrique chez le client comme on y amène l'eau et le gaz. Nous ne pouvons que signaler en passant cette solution qui, même dans un avenir assez lointain, ne paraît applicable que dans les villes d'une certaine importance.

En attendant une solution par distribution directe, on a fait quelquefois pendant ces dernières années, des éclairages électriques par distribution indirecte, à l'aide d'accumulateurs chargés transportés chez le client, et destinés à produire l'éclairage d'un bal ou d'une soirée. Ce mode d'éclairage peut très bien convenir dans le cas particulier, mais il ne saurait être utilisé à titre d'éclairage permanent, il serait à la fois fort coûteux, fort gênant et fort encombrant.

Il faut donc, de toute nécessité, en attendant la distribution, recourir à la production directe sur place de l'énergie électrique, à l'aide de machines magnéto ou dynamo-électriques, de piles thermo-électriques ou de piles hydro-électriques.

Nous examinerons successivement ces trois modes de production.

Machines magnéto et dynamo-électriques. — L'emploi de machines n'est acceptable que dans le cas d'une installation un peu importante, ou lorsqu'on dispose d'une force motrice soit à volonté, soit à certaines heures de la journée seulement.

Nous citerons comme type d'installation l'éclairage électrique établi

par M. Porgès, administrateurs de la compagnie Edison, dans son domicile personnel, et qui comprend un moteur à gaz Otto à deux cylindres, d'une force de 8 chevaux, actionnant une machine Edison type Z pouvant alimenter 60 lampes A (100 volts). L'installation comporte plus de 60 lampes, parce qu'on a substitué à un certain nombre de lampes A, d'autres circuits qui permettent d'alimenter, soit 2 lampes B en tension, soit 7 lampes d'un plus petit modèle dites lampes de 15 volts, montées aussi en tension. Ces trois types de lampes, de puissances variées, suffisent à toutes les exigences.

L'inconvénient de cette installation est évident à priori : il faut faire marcher le moteur à gaz, quel que soit le nombre de lampes allumées, aussi n'y a-t-il pas là les conditions exigées par un véritable éclairage domestique, mais seulement une installation de luxe, d'un emploi limité à certaines heures de la soirée, ou les jours de bal ou de réunion.

La solution adoptée par M. Gaston Menier, dans son hôtel du parc Monceau, nous paraît supérieure à tous les points de vue, et présente des avantages de nature à en multiplier l'emploi.

L'installation totale comprend 150 lampes Swan de 40 volts et 0,7 ampère, alimentées par une série de 22 accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar, type de 60 kilogrammes, montés à tension.

Ces accumulateurs peuvent débiter normalement 40 à 45 ampères, ce qui permet d'alimenter 60 lampes à la fois, chiffre plus que suffisant dans les conditions ordinaires.

Ces accumulateurs sont chargés chaque jour, *pendant la journée*, à l'aide d'une machine Gramme à courant continu excitée en dérivation, dont on règle la puissance à l'aide de résistances introduites dans le circuit d'excitation.

Cette machine Gramme est mise en mouvement par un moteur à gaz Otto, de *cinq* chevaux. (Ce moteur est le type normal de quatre chevaux dont on a augmenté un peu le diamètre du cylindre.)

Avec un peu d'habitude, le domestique chargé de l'éclairage estime assez exactement la consommation de la veille en ampères-heure, et il recharge les accumulateurs d'une quantité à peu près égale, en leur fournissant 10 à 15 pour 100 de plus, pour tenir compte des pertes et des erreurs possibles.

Ainsi, par exemple, supposons que la veille on ait allumé 60 lampes pendant quatre heures. La consommation totale en ampères-heure aura été de :

$$60 \times 0,7 \times 4 = 168 \text{ ampères-heure.}$$

On rechargera les accumulateurs pendant environ cinq heures avec un courant de 40 ampères, de façon à leur fournir :

$$40 \times 5 = 200 \text{ ampères-heure.}$$

Grâce à l'emploi des accumulateurs, on a pu répartir les lampes dans toutes les parties de l'hôtel, où elles sont toujours prêtes à fonctionner par la simple manœuvre d'un commutateur.

Les accumulateurs installés depuis plus de six mois n'ont pas encore eu besoin d'être renouvelés, même partiellement. Il faut reconnaître aussi qu'ils sont parfaitement entretenus, et qu'étant placés à poste fixe, ils ne sont pas soumis à des chocs et des trépidations qui, dans bien des circonstances, nuisent tant à leur durée.

Les jours où l'on veut éclairer tout l'hôtel et faire fonctionner la presque totalité des lampes, il suffit de charger les accumulateurs pendant la journée et de les décharger le soir sur les lampes pendant que la machine fonctionne. Cette dernière pouvant donner jusqu'à 60 ampères et les accumulateurs plus de 40, on a ainsi les 100 ampères nécessaires à l'éclairage total. Les conducteurs sous plomb isolés au caoutchouc ont été prévus pour des courants bien supérieurs à ce chiffre, aussi ne constate-t-on jamais la moindre élévation de température sur la canalisation.

L'intermédiaire des accumulateurs, coûteux en apparence, se traduit finalement par une économie, car la machine ne doit restituer que ce qui a été consommé utilement pour l'éclairage, en tenant compte d'un coefficient relatif au rendement propre de l'accumulateur, mais cette restitution se fait dans les circonstances de *plein travail* du moteur à gaz, c'est-à-dire dans les conditions les plus économiques, et avec son rendement le meilleur, tandis qu'un éclairage direct met le moteur dans des conditions de travail fort variables, et des rendements très inégaux.

Tout compte fait, la dépense en litres de gaz consommé par le moteur ramené au bec Carcel-heure doit être plus grande pour le système direct que pour le système avec accumulateurs, sans compter d'autres avantages évidents sans qu'il soit nécessaire d'insister davantage.

Nous examinerons prochainement les installations de moindre importance, dans lesquelles on ne peut songer à avoir recours à un moteur pour la production de l'énergie électrique et dans lesquelles il faut alors avoir recours aux piles.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 23 juin 1884.

Sur un electro-dynamomètre à mercure. — Note de M. G. Lippmann, présentée par M. Jamin.

Une petite chambre parallélipipédique, remplie de mercure, est disposée au centre d'une bobine de fil de cuivre. Le courant électrique que l'on veut mesurer parcourt successivement le fil de cette bobine et la lamelle de mercure; celle-ci communique d'ailleurs latéralement avec les deux branches d'un manomètre. Lorsque le courant électrique est établi, le manomètre dévie d'une manière permanente, en vertu de l'action électro-dynamique exercée sur la lamelle de mercure par le reste du circuit.

Cet instrument jouit des propriétés d'un électro-dynamomètre ordinaire; il mesure le carré de l'intensité i du courant, et il permet de mesurer des courants alternatifs; mais il possède, en outre, des propriétés qui peuvent rendre son usage avantageux dans certains cas. Toutes les pièces qui le constituent sont, comme on le voit, rigides et immobiles, à l'exception du mercure; ce mercure lui-même, dans les points où il subit la poussée électro-dynamique, est dans une position invariable par rapport au reste du circuit. Il s'ensuit que la déviation du manomètre est rigoureusement proportionnelle au carré de i. En outre, grâce à la rigidité de ses parties, l'appareil, une fois construit, conserve une forme et par conséquent une sensibilité parfaitement constante. Une fois gradué dans un laboratoire, on peut s'en servir en tous lieux pour retrouver, sans nouvelles mesures, des intensités de courants déterminées : il équivaut à un étalon d'intensité.

On peut d'ailleurs construire l'électro-dynamomètre à mercure de manière à en faire un instrument de mesure absolu.

En effet, la pression p indiquée par le manomètre est reliée à l'intensité i par la formule

$$p = \frac{C}{\varepsilon} i^2, \qquad (1)$$

dans laquelle ε représente l'épaisseur de la lame de mercure; C, l'in-

tensité du champ magnétique produit au centre de la bobine par un courant d'intensité égale à 1, se déduit des dimensions de cette bobine. Une fois ces grandeurs connues, l'instrument se trouve gradué à priori par la formule (1) et il peut servir à graduer d'autres instruments par comparaison.

Dans l'appareil que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie, le quotient $\frac{C'}{\varepsilon}$ est égal à 650; par conséquent, un courant égal à 1 C. G. S., ou à 10 ampères, produit une pression de 650 dynes, ou d'environ 650 milligrammes par centimètre carré[1].

M. CABANELLAS adresse une note portant pour titre : *Sur l'utilisation spécifique maximum du cuivre des machines dynamo-électriques.*

Séance du 30 juin 1884.

Sur des composés chimiques obtenus à l'aide d'une pile à gaz et d'appareils à effluve électrique. — Note de M. A. FIGUIER.

La pile à gaz qui a servi à cette étude est formée, en principe, de deux cylindres creux, en graphite, fermés par en bas et rendus impolarisables par un dépôt de mousses métalliques ou charbonneuses. Ces deux cylindres récepteurs des gaz sont maintenus par un couvercle fermant hermétiquement le vase rempli du liquide conducteur qui est alcalin toutes les fois que les gaz, en réagissant l'un sur l'autre, doivent donner lieu à un composé acide, et réciproquement.

Dans quelques cas, les gaz, avant de se rendre dans la pile, ont été soumis à l'*effluve électrique*. Un galvanomètre introduit dans le circuit permettait d'apprécier les modifications survenues dans le courant.

Les composés ainsi obtenus se forment au contact même des pôles

[1] La constante C va en croissant indéfiniment avec le nombre de tours du fil de cuivre. Dans le quotient $\frac{H}{\varepsilon}$, qui donne la sensibilité du galvanomètre à mercure, le numérateur H a au contraire une limite supérieure correspondant à la saturation du métal des aimants; il en résulte que le dénominateur ε a à son tour une limite supérieure, si l'on veut que la sensibilité ait une valeur déterminée. C'est pour cette raison que j'ai pris ε égal à $\frac{1}{10}$ de millimètre; c'est pour la même raison que l'instrument décrit par M. J. Carpentier, comme un essai de galvanomètre à mercure, n'aurait jamais pu fonctionner en cette qualité, la valeur de ε s'y trouvant par hasard vingt fois trop grande. L'auteur ne dit point à quelles intensités de courant considérables il a dû avoir recours pour obtenir les déviations qu'il indique. — J'ajouterai que l'essai de M. Carpentier n'a pas été publié et que je n'en avais jamais entendu parler.

et en plus grande abondance au pôle positif; sans doute par l'occlusion simultanée des deux gaz qui traversent le liquide avec des vitesses inégales. Le corps inscrit le second a fixé le pôle positif. Le courant ayant pour mesure la somme algébrique des actions de sens opposé qui s'effectuent au sein de la pile peut être faible, et néanmoins l'action chimique concomitante est relativement énergique.

Dans le tableau ci-dessous, nous faisons suivre le nom des gaz alimentant le couple des combinaisons chimiques ainsi obtenues.

Air atmosphérique et acide sulfureux : acide sulfurique.

Hydrogène et chlore : acide chlorhydrique.

Oxygène et chlore : acide chlorique; action insensible de l'effluve sur le chlore.

Azote et oxygène : acide azotique; action insensible de l'effluve sur l'azote.

Hydrogène et azote : ammoniaque.

Oxyde de carbone et acide carbonique : acides oxalique et formique; action insensible de l'effluve sur les deux gaz.

Oxyde de carbone et carbonate de soude (un seul cylindre creux récepteur du gaz, une baguette de graphite représentant l'autre pôle) : acides oxalique et formique.

Éthylène et oxygène : acides formique et acétique.

Hydrogène et acide carbonique : acide formique et acétique.

Formène et acide carbonique : acide acétique.

Expériences exécutées par l'intermédiaire de la décharge électrique. — Ces expériences ont été faites à l'aide d'*ozoniseurs* à armatures recouvertes de noir de platine, et qui donnent des effluves très-homogènes. Ces *ozoniseurs*, que l'on pouvait soumettre à l'action de la chaleur, contenaient des fragments de ponce, imprégnés du liquide ou du corps pulvérulent sur lequel on faisait réagir un gaz déterminé.

On a employé également un tube à armatures mobiles, permettant de régler à volonté l'intensité de la décharge; ce tube était parcouru par le mélange de deux gaz ou d'un gaz et d'une vapeur.

Les résultats obtenus (dont certains toutefois n'ont de nouveau que les conditions particulières de l'expérience) sont consignés dans la liste suivante :

Oxygène et soufre : acide sulfurique.

Oxygène et sélénium : acide sélénieux.

Tellure et oxygène : action négative.

Oxygène et chlore : acide chlorique.

Oxygène et iode : acide iodique.

Oxygène et brome : acide bromique.

Acide chlorhydrique et oxygène : acide chlorique.

Air atmosphérique et potasse caustique : acide azotique.

Oxygène et protoxyde d'azote : acide azotique.

Hydrogène et soufre : hydrogène sulfuré.

Hydrogène et sélénium : hydrogène sélénié[1].

Hydrogène et tellure : résultat négatif.

Hydrogène et arsenic : négatif.

Hydrogène et antimoine : négatif.

Hydrogène et phosphore rouge : négatif.

Hydrogène et phosphore ordinaire : hydrogène phosphoré sponta nément inflammable.

Azote et hydrogène : ammoniaque.

Oxygène et acide formique : acides carbonique et oxalique.

Oxygène et formiate de soude : acides carbonique et oxalique.

Oxyde de carbone et carbonate d'ammoniaque du commerce : acides oxalique et formique.

Oxyde de carbone et hydrate d'ammonium : acide formique.

Oxyde de carbone et anhydride ammoniacal : acides formique et cyanhydrique.

Oxyde de carbone et acide carbonique : acide formique.

Hydrogène et bioxalate de potassium : acide formique.

Hydrogène et acide acétique : alcool.

Acide carbonique et formène : acides acétique et formique.

Alcool et hydrogène sulfuré (obtenu à l'état naissant dans l'ozoniseur, par l'action de l'hydrogène sur le soufre) : mercaptan.

Transformation des piles liquides en piles sèches. — Note de M. ONIMUS, présentée par M. Ed. Becquerel.

Plusieurs expérimentateurs, et entre autres Bagration, ont cherché à obtenir des piles plus ou moins sèches. Ce dernier, en mélangeant du sable avec du chlorhydrate d'ammoniaque, est arrivé à un résultat très souvent mis en pratique. Nous avons modifié ce procédé en gâchant intimement avec les liquides excitateurs du plâtre qu'on laisse ensuite se solidifier.

Les seules piles où ce procédé soit avantageux sont évidemment celles qui ne fonctionnent que quand le circuit est fermé, et encore, parmi celles-ci, la pile au chlorhydrate d'ammoniaque et celle au

[1]. Soumis isolément à l'effluve, l'hydrogène a été sans action sur le soufre et le sélénium placés en dehors de l'ozoniseur.

chlorure de zinc sont, pour ainsi dire, les seules qui présentent des avantages réels.

Au lieu d'employer uniquement du plâtre, nous l'avons mélangé avec du peroxyde de manganèse, ou du sesquioxyde de fer. Dans ces conditions, la force électromotrice est un peu plus grande, et surtout avec le sesquioxyde de fer la reprise de la force électromotrice à l'ouverture du circuit est très énergique.

Lorsque la pile est complètement épuisée, il suffit de l'imbiber avec une solution de sel excitateur pour qu'elle fonctionne de nouveau. Ce procédé présente encore l'avantage de pouvoir permettre de supprimer le vase extérieur et de donner aux éléments des formes variées selon les différents emplois.

En résumé, nous croyons être arrivé à ajouter aux actions des piles ordinaires les avantages, si considérables dans certains cas (quelques appareils médicaux, chemin de fer, télégraphie militaire, etc.), des piles sèches, et cela par un procédé des plus simples et nullement coûteux.

Si nos renseignements sont exacts, la pile Thiébaud n'est pas autre chose que la pile sèche préconisée par M. Onimus mais elle lui est bien antérieure. Le défaut commun à toutes les piles sèches réside dans ce fait que la quantité de liquide actif étant minime, la somme d'énergie électrique que ces piles peuvent fournir avant d'être rechargées est elle-même minime.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 20 juin 1884.

M. le Président annonce que M. le ministre de l'instruction publique a bien voulu accorder à la Société une allocation de 500 francs à l'occasion de la publication des *Mémoires de Coulomb*.

M. F. Le Blanc, à l'occasion de la communication faite à la Société dans la séance précédente, par M. Violle, n'a nullement l'intention de critiquer la détermination dont il s'agit, et qui répond si bien aux *desiderata* exprimés par le Congrès international des unités électriques

Il admet, d'ailleurs, que le savant auteur, en exposant son procédé, ne le considère pas lui-même comme une méthode courante, applicable en tous temps, en tous lieux, aux déterminations du pouvoir éclairant des diverses sources de lumière. Mais il est désirable que l'expression de la quantité de lumière émise par les diverses sources puisse être,

dans tous les pays, exprimées en fonction de cette même unité de convention.

A cet effet, il importe que les divers étalons de lumière adoptés jusqu'à ce jour, ou, du moins, ceux qui présentent le plus de fixité puissent être l'objet d'une comparaison rigoureuse, par rapport à l'unité conventionnelle précitée.

C'est ce qu'a bien compris M. Violle, en empruntant à la méthode de MM. Dumas et Regnault ses appareils photométriques pour la mesure pratique du pouvoir éclairant du gaz. En effet, M. Violle a pu s'a-surer, par lui-même, de la constance des observations faites par comparaison avec la lampe Carcel réglementaire, fonctionnant avec les précautions prescrites.

M. Le Blanc entre dans quelques détails sur les avantages que lui parait présenter ce dernier étalon, pour des expériences courantes, et il est heureux de pouvoir reconnaître que, d'après plusieurs expériences de M. Violle, auxquelles il a assisté, on pouvait passer avec sécurité de l'étalon de lumière par le platine (à son point de solidification) au pouvoir éclairant de la carcel, en divisant la première unité par 2,08[1].

M. Le Blanc entreprend une discussion sur la valeur des autres procédés photométriques, notamment sur l'emploi des diverses bougies. Celles-ci n'ont pas la même valeur dans les divers pays, et en Angleterre, par exemple, des *candles* de blanc de baleine, provenant d'une même fabrique, peuvent présenter des écarts de 14 ou 15 pour 100, ainsi que l'ont démontré les expériences récentes faites par une Commission anglaise, dont faisait partie l'éminent chimiste M. Williamson.

En France les bougies de l'Étoile, qui, à leur origine (avec la fabrication par saponification calcaire exclusive), représentaient $\frac{1}{7}$ de carcel, ne donnent pas aujourd'hui au-dessus de $\frac{1}{8}$.

En Allemagne, les bougies de paraffine présentent une autre valeur en fonction de la carcel.

M. Le Blanc parle aussi du système photométrique de M. le professeur Vernon-Harcourt, en Angleterre, et de la nouvelle lampe de MM. Siemens et Halske (de Berlin), et fait valoir les motifs qui le portent à accorder la préférence (quand il s'agit d'expériences courantes) à la lampe Carcel fonctionnant dans les conditions normales et réglementaires.

A propos de la question du pouvoir éclairant du gaz ordinaire, à Paris et à Londres, M. Le Blanc fait remarquer que la différence accusée

[1]. Ces résultats sont d'autant plus nets que les deux lumières ne présentent pas de différence de coloration sensible au photomètre de Foucault.

dans ces dernières années, en faveur du gaz de Londres, provient, principalement, de ce que le type du brûleur de gaz, à Londres, a été changé, tandis qu'il est resté le même à Paris depuis la création du service de la vérification du gaz en 1861.

M. E. Mercadier indique les premiers résultats des expériences qu'il a entreprises sur les vibrations des lames et plaques élastiques en vue d'études sur les récepteurs téléphoniques.

Il montre comment il est parvenu à entretenir électriquement les vibrations de lames rectangulaires *posées* simplement sur deux appuis, aux points où se forment les lignes nodales dans le cas du son fondamental.

En enregistrant ces vibrations sur le cylindre d'un chronographe, et faisant varier les dimensions des lames d'acier et de fer employées, il a pu :

1° Vérifier complètement les lois comprises dans la formule $n = k\frac{e}{l^2}$ donnée par la théorie mathématique de l'élasticité ;

2° Déterminer pour l'acier et le fer le coefficient k, qui est égal à 5329503. La théorie conduit à $k = 5310866$, ce qui ne donne qu'une erreur relative d'environ 0,0035 en prenant l'une des valeurs pour l'autre.

Il en résulte la solution du problème consistant à construire une lame rectangulaire rendant un son donné, en se donnant à l'avance la largeur de cette lame et l'une des deux autres dimensions.

M. Mercadier montre en second lieu comment, en serrant aux nœuds des lames de ce genre par des mâchoires garnies de prismes de liège, les disposant sur le support combiné par M. A. Duboscq pour faire avec des électro-diapasons les expériences de Lissajous, et les chargeant de masses auxiliaires convenablement disposées, on peut reproduire lesdites expériences très facilement : on y trouve d'ailleurs cet avantage que le serrage, même très léger, de l'une des mâchoires à l'aide d'une vis suffit à faire varier très peu la période de l'une des lames, et que, dès lors, il est facile d'obtenir la stabilité des courbes lumineuses représentant en projection les résultats de la composition de deux mouvements vibratoires rectangulaires.

Les courbes correspondant à l'unisson, l'octave et la quinte sont projetées à la lumière Drummond à la fin de la séance.

FAITS DIVERS

—

LE MAGNÉTISME APPLIQUÉ A LA FABRICATION DES BOÎTES EN BOIS. — Encore une application d'un caractère tout à fait pratique qui, si l'on en croit *The Electrical world*, rend des services sérieux à une industrie en pleine prospérité. Il s'agit de la fabrication des boîtes légères en bois destinées à l'expédition des fruits et, en particulier, des boites de fraises dont on fait une grande consommation.

La fabrication de ces boîtes est entre les mains de gamins de douze à quatorze ans et ces ouvriers, d'une habileté remarquable dans cette partie, arrivent à fabriquer jusqu'à 1500 boites par jour, soit environ trois boîtes par minute.

Un des ingénieux procédés qui ont permis de rendre cette fabrication aussi rapide est le suivant :

Pour clouer rapidement les planchettes qui constituent la boîte, les clous sont disposés sur une planche en bois inclinée à laquelle on imprime un léger mouvement de vibration. Les clous disposés sur cette planche, descendent naturellement la tête en bas. Le gamin tenant alors un marteau d'acier fortement aimanté à la main, l'approche de la planche ; un des clous se détache et vient se fixer sur le marteau, la pointe en avant. Il suffit alors de frapper un coup sur la boîte pour fixer le clou en un instant, sans perte de temps.

Grâce à cet emploi du magnétisme et à la rapidité du clouage ainsi obtenu, on peut livrer les boîtes finies à raison de 2 fr. 50 le 100.

Nous nous permettrons en terminant de recommander le procédé aux emballeurs..

—

L'UTILISATION DU CUIVRE DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES. — La machine de MM. Damoiseau et Petit-Pont que nous avons décrite dans notre dernier numéro, a donné l'occasion à M. Cabanellas de présenter une nouvelle note à l'Académie des sciences, note dont les Comptes rendus ne donnent que le titre.

La *Revue scientifique* en publie un extrait que nous reproduisons *in-extenso* à titre de curiosité. Malgré la *traduction en l'espèce*, nous doutons fort que la manière toute spéciale à l'auteur de présenter les principes de philosophie mécanique générale lui assure beaucoup de partisans... ou de contradicteurs :

« M. Jamin donne une analyse étendue de la nouvelle note de M. *G. Cabanellas*, sur l'utilisation spécifique maxima du cuivre des machines dynamo-électriques.

« L'auteur rappelle d'abord un dispositif à quatre balais de M. Solignac, datant de plusieurs années, pareil, en principe, au dispositif à trois balais, décrit dans la note récente de MM. Damoiseau et Petitpont. Sans doute, il paraît avantageux, à première vue, pour le rendement, de réduire l'épanouissement polaire de la machine Gramme et de ne faire circuler le courant que dans la section de fil induit, soumis à une plus dense induction; mais M. Cabanellas prouve :

« 1° Qu'une telle machine pourrait alors être immédiatement rendue N fois plus puissante en lui donnant le nombre convenable N de paires de pôles identiques, au lieu d'une seule paire, soit seulement 2N balais pour 2N pôles au lieu de trois balais pour deux pôles ;

« 2° Que, sans augmenter la puissance, les qualités pourraient être conservées avec une machine à deux pôles, dont les épanouissements usuels auraient les mêmes surface et puissance, et l'anneau, plus petit, la longueur du fil actif ;

« 3° Que, par conséquent, les dispositifs en question ne paraissent améliorer le rendement de certains appareils que parce que certains éléments constitutifs, dans ces machines, avaient été mal proportionnés tout d'abord.

« Il est donc préférable de bien proportionner les machines, plutôt que d'avoir à leur appliquer des palliatifs augmentant le nombre spécifique de balais, et, comme dans le dispositif à trois balais, détruisant la symétrie des attractions magnétiques. M. Cabanellas montre que la puissance de la machine, signalée par la note, est tout à fait indépendante du dispositif à trois balais et tient uniquement à la vitesse et à la puissance de l'électro sur lequel il est dépensé 18 kilogrammes de cuivre, c'est-à-dire six fois plus de cuivre que sur l'anneau qui en utilise seulement 3 kilogrammes.

« L'auteur cite les expériences graduelles, sortes d'interpolations pratiques de M. Gramme, et constate qu'elles corroborent l'affirmation de philosophie mécanique générale à laquelle il a été conduit théoriquement : *Toute entité de proportions concrétisée avec une ou plusieurs matières, de structures respectives absolues, soumises à des forces élémentaires divergentes, échappe aux lois de similitude dans les effets comme dans la donnée. Elle comporte donc une valeur absolue, des dimensions, correspondant au maximum d'utilisation spécifique des matériaux, dans chaque ordre spécial de manifestation phénoménale visée, raison d'être de la machine*

« Traduction en l'espèce : les meilleures grandes machines de l'avenir ne peuvent pas être semblables aux meilleures petites machines dynamo-électriques actuelles. M. Cabanellas indique la voie dans le genre Gramme. »

Est-ce assez limpide ?

—

L'ÉLECTRICITÉ A BORD DU YARRA. — M. A. Rolland, commandant du *Yarra*, paquebot des Messageries maritimes, a établi un poste téléphonique Ader, modèle simplifié, entre la passerelle et l'arrière du navire. Le poste de la passerelle touche presque à une petite machine à vapeur très bruyante et

repose sur une cloison en bois très mince et violemment secouée ; le deuxième poste, ordinairement disposé dans la cabine du commandant, est mobile et fréquemment transporté en plein air, au-dessus de l'hélice et du gouvernail, point où les bruits et les secousses sont d'une extrême violence. Dans aucun cas, quel que soit l'état du temps, la force du vent, la vitesse du navire, la rapidité de l'hélice, etc., la netteté de la transmission n'a été affectée. Après quatre mois d'usage plus que brutal, les appareils sont encore en parfait état : l'un des transmetteurs a reçu un jour une pluie battante dès qu'il a été sec, il a fonctionné aussi bien qu'auparavant sans qu'on ait eu besoin de le toucher. On voit donc que le poste Ader simplifié convient parfaitement bien pour le service des navires, où l'on avait vainement tenté jusqu'ici d'appliquer des transmissions téléphoniques.

L'éclairage du *Yarra* est effectué à l'aide de deux dynamos Siemens à double enroulement (*compound*) : il comporte 188 lampes à incandescence Swan, 166 de 10 bougies et 20 de 20 bougies.

Les machines fournissent 50 volts aux bornes. En temps ordinaire, chaque machine n'alimente que la moitié des lampes, mais les circuits sont distribués pour pouvoir alimenter la totalité de l'éclairage avec l'une quelconque des deux machines en cas d'accident à l'autre.

M. A. Rolland, qui nous communique ces renseignements; dit que les résultats obtenus, belle lumière, suppression de tout danger d'incendie, facilité de conduite, économie par suite des conditions spéciales où l'on se trouve, sont si favorables, qu'il n'est pas douteux que ce mode d'éclairage sera adopté pour tous les navires de la Compagnie des Messageries maritimes.

—

Le mot de la fin. — Une prescription télégraphico-hygiénique spécialement recommandée par notre ami Lipona :

N'employer pour l'échange des dépêches avec les pays envahis par le choléra que des piles *au chlorure de zinc*, afin d'être bien sûr de ne faire usage que d'électricité désinfectée dès son origine (!)

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9813. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

NOTE SUR L'APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

A

L'APPAREIL STÉNOGRAPHIQUE MICHELA

L'appareil sténographique de Michela, exclusivement employé au Sénat italien, a été introduit en France, en 1881, par M. Cassagnes, le directeur bien connu des *Annales industrielles*. On se souvient qu'à cette époque, cet appareil a fonctionné, à titre d'expériences, au Sénat français, à la Chambre des députés et au Conseil municipal de Paris. Depuis lors, on n'en avait plus entendu parler.

Néanmoins, M. Cassagnes continuait à s'occuper de ce mode de sténographie en formant des élèves, — ce qui demande six mois environ, — et en cherchant à transmettre à distance, au moyen de l'électricité, un discours quelconque au moment où il est prononcé.

Le problème est aujourd'hui complètement résolu, et c'est la description de ce nouvel appareil que nous nous proposons de donner en primeur aux lecteurs de l'*Électricien*.

Il est indispensable, toutefois, pour l'intelligence de ce qui va suivre, de rappeler brièvement en quoi consistent la méthode et l'appareil Michela. Nous nous aiderons pour cela de la communication faite, sur ce sujet, dans la séance du 11 mars 1881 de la Société d'encouragement, par M. Cassagnes lui-même.

M. A. Michela, Italien de naissance, après une longue et patiente étude philologique, est parvenu à grouper et à représenter, à l'aide de combinaisons et de quelques signes, tous les sons phonétiques émis dans une langue quelconque. Il a trouvé ainsi une notation du langage absolument analogue à la notation des sons musicaux et aussi universelle que cette dernière.

A l'émission de la parole, les mots sont, pour ainsi dire, décomposés par l'oreille du sténographe qui manipule l'appareil, et la représentation graphique des syllabes est imprimée sur une bande de papier comme nous l'expliquerons plus loin. Il

suffit de savoir lire cette bande pour reproduire, après un temps quelconque, le discours sténographié.

Tel qu'il fonctionne en Italie, l'appareil Michela a, comme disposition générale, l'apparence d'un petit piano. Il se compose de deux parties bien distinctes :

1° Le mécanisme servant à l'impression des signes sur une bande de papier de $0^{m},044$ de largeur;

2° Le mécanisme servant à l'avancement automatique du papier.

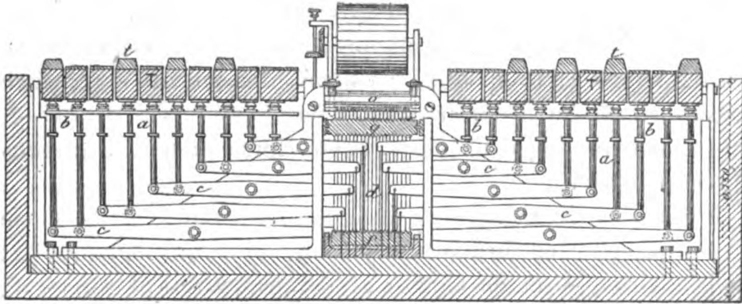


Fig. 1. — Coupe longitudinale suivant AB.

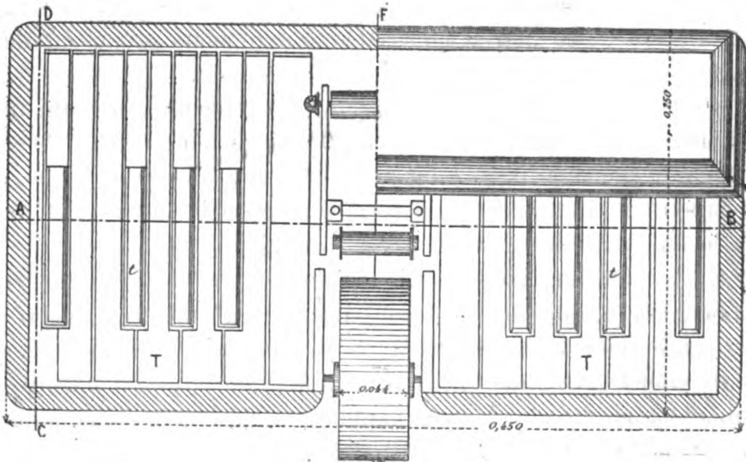


Fig. 2. — Plan.

Le premier mécanisme (fig. 1 et 2) comprend deux claviers, disposés symétriquement et composés chacun de 10 touches,

dont 6 blanches T, et 4 noires *t*. Ces touches, frappées par l'opérateur, exercent, à l'aide de 20 boutons *b* et d'un nombre égal de tiges *a*, une pression de haut en bas sur l'extrémité de 20 leviers métalliques *c*, à bras égaux. Cette pression détermine le soulèvement des tiges *d* dont chacune porte en relief, à la partie supérieure, un caractère spécial.

On comprend aisément qu'en frappant une touche on provoque le soulèvement du caractère sténographique correspondant, et que si l'on attaque plusieurs touches à la fois, on produira le soulèvement d'une combinaison de signes connue d'avance. Faisons remarquer de suite que les mains de l'opérateur ne se déplacent pas, pendant la manipulation, chaque doigt pressant toujours les deux mêmes touches.

Le second mécanisme, qui a trait à l'avancement du papier, est représenté figures 3 et 4. Il consiste en une petite traverse *s*

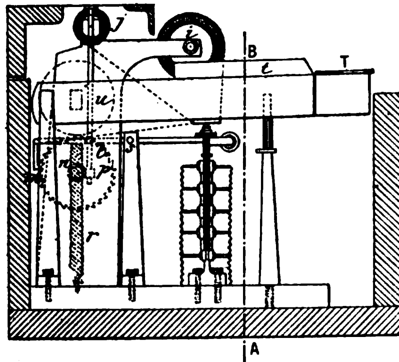


Fig. 3 — Coupe transversale suivant CD.

régnant au-dessous des 20 touches, et à laquelle le choc d'une touche quelconque communique un léger mouvement circulaire. Il en résulte une pression, sur un ressort *r*, à l'aide d'un petit levier *l*; un cliquet *m*, engrenant avec une roue à rochet *n*, pousse cette roue sur l'axe de laquelle est calé un cylindre *p* en entraînant un autre *u* placé au-dessus, de telle sorte que la bande, enroulée sur le cylindre *h*, situé entre les deux claviers, une fois pincée entre les cylindres *p* et *u*, avance automatiquement à chaque impulsion du rochet. Une vis de pression *f* permet de régler l'espacement des cylindres *p* et *u*, et des

guides g sont disposés, dans le bâti central, pour les tiges à caractères d.

La machine Michela permet à un opérateur exercé de sténo-

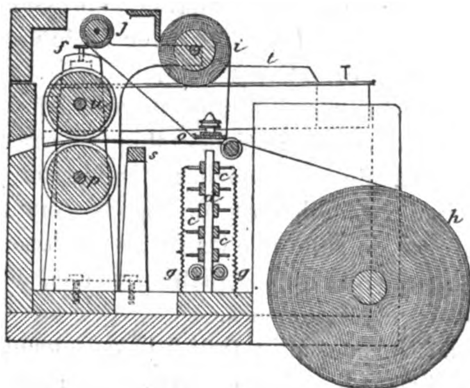


Fig. 4. — Coupe transversale suivant EF.

graphier, sans fatigue, plus de 200 mots à la minute. Or un excellent sténographe ordinaire ne peut écrire plus de 120 mots à la minute, pendant un quart d'heure au plus, et le nombre de mots prononcés par les orateurs les plus connus varie de 80 à 180 par minute.

La figure 5 représente un spécimen d'impression sténographique avec la traduction sur le côté. La phrase inscrite est la suivante : « Cet appareil permet de transmettre télégraphique-
« ment plus de 200 mots par minute, grâce à la rapidité de la
« manipulation de son clavier. »

M. Cassagnes terminait par ces mots sa communication à la Société d'encouragement :

« M. Antoine Michela a donc rendu, grâce à une patience et à
« une sagacité qu'on ne saurait trop louer[1], un service impor-
« tant à son époque. Il suffit d'ailleurs de réfléchir quelques
« instants à l'extension possible de sa conception, pour appré-
« cier le pas considérable qu'il vient de faire vers la réalisation

[1] La manipulation de l'appareil peut en effet être confiée aux jeunes filles, aux jeunes gens atteints d'infirmités ou dont la constitution trop faible rendrait impossible l'accomplissement de fonctions plus pénibles ; enfin aux jeunes aveugles eux-mêmes.

« d'une idée dont les avantages n'ont pas besoin d'être énumérés,
« le langage universel.

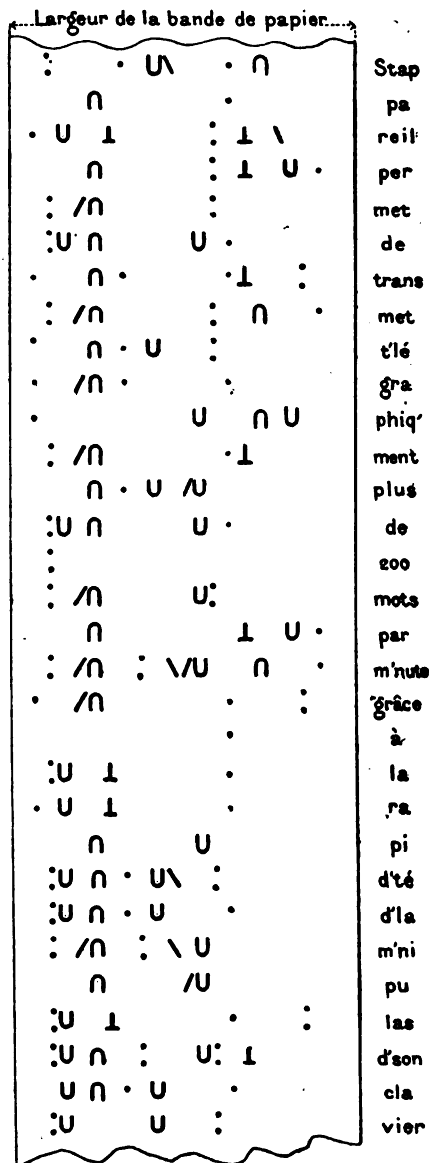


Fig. 5. — Spécimen d'impression.

« Mais, en dehors de la sténographie proprement dite, qui a « elle-même une importance qui s'accroît de jour en jour, « l'invention de M. Michela paraît appelée à rendre bien d'autres « services et des plus importants.

« Elle peut permettre de transmettre à de grandes distances, « au moyen de l'électricité, un discours quelconque, au moment « même où il est prononcé.

« C'est la part de l'avenir. »

Or l'avenir d'il y a trois ans est actuellement la réalité, c'est ce que nous expliquerons dans un prochain article.

(*A suivre*). L. CHENUT.

L'ÉLECTRICITÉ A L'EXPOSITION DE ROUEN

Les applications de l'électricité sont relativement peu nombreuses à l'Exposition de Rouen.

En ce qui concerne l'*éclairage*, nous devons indiquer que chaque soir, la galerie des machines est éclairée par 30 régulateurs Breguet, type M, et d'un pouvoir éclairant de 125 à 150 carcels. Ce type de régulateur, très solide, est construit avec des charbons d'une durée de sept à huit heures. L'éclairage obtenu est tout à fait satisfaisant. Il a été établi sur une base de 0,8 carcel environ par mètre carré de surface couverte.

Le courant électrique est produit par 5 machines Gramme, type F, fonctionnant avec une intensité de 16 à 18 ampères. Le mouvement est pris sur la transmission générale de la galerie.

La maison Bréguet possède, en outre, dans le campanile, à l'entrée de l'Exposition, une lampe Serrin de 700 à 800 carcels, alimentée par une dynamo d'atelier actionnée par un moteur Brotherhood, nouveau modèle. Enfin, comme rechange, et en cas d'avarie de cette dernière machine dynamo, on en a exposé une seconde identique, mais actionnée par un moteur Mesthaler à 4 cylindres.

Lors de notre visite, la maison Breguet installait, à l'exposition de la filature de coton de la Société alsacienne, 30 lampes à

incandescence de 16 bougies, que devait alimenter une machine Gramme, type HT. Il ne nous a pas été donné de constater l'effet produit par cet éclairage.

La Société anonyme d'éclairage électrique, propriétaire des brevets Jablochkoff, éclaire, avec 18 foyers, le jardin intérieur de l'Exposition où chaque soir se fait entendre l'excellent orchestre du théâtre des Arts. Comme pour la galerie des machines, le gaz et la lumière électrique se partagent l'éclairage du jardin; on peut donc facilement se rendre compte de la différence que présentent les deux systèmes. Il y a en outre, dans le vestibule d'entrée, un lustre de 6 foyers Jablochkoff, 6 autres foyers en appliques et 150 lampes à incandescence. Enfin l'éclairage de l'emplacement occupé par les machines est obtenu par deux lampes Jablochkoff.

Le courant électrique est produit par 4 machines Gramme auto-excitatrices : l'une de 30 chevaux pour les lampes à incandescence, deux autres de 15 chevaux et de 12 bougies chacune, enfin une machine plus petite de 10 chevaux pour 8 foyers; ces trois dernières machines fournissent l'électricité aux bougies Jablochkoff.

Nous n'insisterons pas sur ce mode d'éclairage qui, comme le précédent, est parfaitement connu.

La Société Edison expose simplement deux machines : l'une ordinaire pour 50 lampes, la seconde, *compound*, pour 25 lampes. Les lampes, type A et B sont disposées sur un tableau vertical et l'on peut, chaque soir, se rendre compte de l'effet produit.

Enfin la Société anonyme d'éclairage du Nord français, qui fait usage de la lampe-soleil, expose 4 de ces lampes d'un pouvoir éclairant de 120 carcels et 45 lampes à incandescence système Swan.

Le courant est produit par une machine Gramme de 6 chevaux pour les lampes-soleil et par une machine Meritens, pour les lampes à incandescence.

Le *monorail* système Lartigue, à traction électrique, est l'une des curiosités de l'Exposition. Au mois de février dernier, on avait déjà vu fonctionner, à l'Exposition agricole de Paris, un type de ce chemin de fer à rail unique. La voie, essentiellement agricole, de $0^{m},86$ de hauteur, a été remplacée, à Rouen, par une

voie de $1^m,50$ sur laquelle circulent de véritables petites voitures à voyageurs.

Le rail, en acier laminé, est maintenu dans un support, présentant la forme d'un A, dont les branches en fer cornières ont $0^m,60$ d'écartement à la base. Ces supports sont rivés ou boulonnés sur une semelle en fer à U qui leur sert d'entretoise.

Les véhicules, sortes de bâts de mulet, ou cacolets, sont construits en osier avec charpente métallique supportant les essieux des galets porteurs. Ils pèsent chacun 600 kilogrammes et peuvent contenir 8 voyageurs, 4 de chaque côté placés dos à dos.

Il y a, à Rouen, un petit train formé de trois cacolets porteurs et d'un cacolet moteur. C'est sur ce dernier que se trouve la dynamo réceptrice système Siemens, type D3, qui donne le mouvement à l'ensemble.

Le courant est produit par une machine Siemens, type D2, ordinaire et à électro-aimants dans le circuit, située dans la galerie des machines, à proximité de l'exposition de M. Boudier. Cette machine, qui fait 1400 tours par minute, est reliée par deux câbles souterrains : l'un avec le rail non isolé des supports en forme de A, l'autre avec deux fers Zorès latéraux, réunis en quantité, servant de conducteurs de retour. Contre ces fers roulent des galets latéraux qui ont également pour but de soutenir les cacolets et d'en empêcher le balancement pendant la marche.

La machine secondaire fait 1000 tours par minute. Cette vitesse est réduite à 125 tours, pour les galets moteurs, par l'intermédiaire de roues à gorge, de $0^m,60$ et de $0^m,30$ de diamètre, accouplées deux à deux, et s'entraînant réciproquement par des cordes à boyau sans fin.

La résistance totale du circuit comprenant : la machine primaire, les conducteurs, la voie et la machine secondaire, est de 1,5 ohms ; celle des conducteurs et de la voie est de moins de 0,1 d'ohm.

A l'aide de commutateurs, placés sur le cacolet moteur, il est possible de faire circuler le petit train en avant ou en arrière. En outre, des résistances en fil de fer que l'on peut (à l'aide d'un commutateur mis à la portée de la main du mécanicien) intro-

duire graduellement dans le circuit, permettent de modérer l'intensité du courant et, par suite, la vitesse.

La voie présente, à Rouen, la forme d'une boucle fermée, d'un développement de 111 mètres, avec des rampes, pentes et courbes très prononcées. On fait deux fois le trajet complet en deux minutes.

Ce petit chemin de fer est relativement très fréquenté ; le prix des places est de $0^{fr},15$ par personne.

Voici, d'après M. Boistel, le résultat de quelques expériences faites sur le travail absorbé et sur le rendement du système.

Un train, composé de trois cacolets porteurs et d'un cacolet moteur, pèse, à vide, 2400 kilogrammes. En comptant à 45 kilogrammes le poids de chaque voyageur, on voit que le poids total remorqué est de 3480 kilogrammes. La vitesse a été de $1^{m},30$ par seconde.

Au démarrage, la force électromotrice de la machine primaire était de 165,5 volts; celle de la machine secondaire, de 105,7 volts; l'intensité du courant, 48 ampères. Le travail électrique absorbé était donc de 7944 watts, soit 10,8 chevaux. Le travail récupéré était de 5073 watts, soit 6,9 chevaux. Le rendement électrique était donc de 63,8 pour 100.

En marche normale, la force électromotrice de la machine primaire était de 139,9 volts; celle de la machine secondaire, de 98,4 volts; l'intensité du courant 22,35 ampères. Le travail électrique absorbé était donc de 3089 watts, soit 4,2 chevaux. Le travail récupéré était tout près de 3 chevaux. Le rendement électrique était donc d'environ 71 pour 100.

Il n'a pas été fait d'essais au frein pour déterminer le travail et le rendement mécanique; mais il y a tout lieu de supposer que pour les deux cas ci-dessus, les rendements mécaniques seraient voisins respectivement de 50 et 57 pour 100.

La tentative faite à Rouen, par M. Lartigue, pour le transport des voyageurs, a pleinement réussi. Pour les transports de marchandises, le monorail est employé couramment en Algérie, sur les plateaux du sud Oranais, où plus de 100 kilomètres sont posés pour l'exploitation de l'alfa.

Enfin, en France, dans le département de la Somme, M. E. Bethouard utilise ce nouveau mode de transport pour le débar-

dage des betteraves; l'économie réalisée dans ce dernier cas est d'environ 75 pour 100.

M. Powel, le constructeur bien connu, expose un nouveau type de *moteur à gaz* imaginé par MM. Delamare-Deboutteville et Malandin, dans lequel l'inflammation du mélange de gaz et d'air est obtenu électriquement. Il en résulte une simplicité réelle dans la disposition des organes de distribution et une marche plus régulière du moteur.

L'électricité est produite par des piles au bichromate modèle Cloris-Baudet. Le courant passe dans un accumulateur, puis par une bobine d'induction. De cet organe partent deux conducteurs qui aboutissent à deux pointes de platine disposées dans une cavité ménagée à l'intérieur du tiroir de distribution.

Le courant étant continu, l'étincelle électrique enflamme juste à temps et sans retard aucun, le mélange de gaz et d'air comprimé dans le cylindre.

On étudie en ce moment une petite dynamo qui serait actionnée par le moteur à gaz lui-même et qui produirait l'électricité nécessaire au fonctionnement de ce dernier.

Il existe plusieurs types de ce moteur à gaz; celui qui est exposé est d'une force d'un tiers de cheval environ. En ce moment on construit un type de 20 chevaux pour le *Petit Parisien*.

Nous n'avons pu nous procurer de renseignements relatifs à la dépense et au rendement de cet appareil tout récent. Des expériences doivent être faites prochainement à cet effet; nous en ferons connaître les résultats, s'il y a lieu.

M. Naudin a installé, sur le générateur Renaux-Huré, de 110 chevaux, qui fournit une partie de la vapeur nécessaire au fonctionnement des machines, son *automanographe* bien connu, avec avertisseur électrique. Cet appareil se compose d'un manomètre ordinaire de Bourdon dont l'aiguille est reliée à un crayon, qui se déplace en même temps que l'aiguille, en inscrivant tous ses mouvements sur une feuille de papier quadrillé enroulée sur un cylindre mis en marche par une horloge. On peut, après coup et par simple lecture de la feuille de papier, se rendre compte des variations de la pression de la vapeur dans la chaudière.

Quand la pression atteint la limite maximum que l'on ne veut pas dépasser, l'aiguille du manomètre vient au contact d'une tige métallique et le circuit d'une pile à sonnerie se trouve fermé. La sonnerie porte un voyant extérieur qui reste apparent, une fois que la pression limite a été atteinte, jusqu'à ce qu'on le relève à la main.

Cette sonnerie étant placée chez le directeur, contremaître ou surveillant d'une usine, on comprend que l'une de ces personnes ou toutes à la fois soient prévenues du danger.

Nous citerons, dans le même ordre d'idées, l'indicateur de niveau d'eau à distance de MM. Lefèvre et Renaux, dont les dessins seuls figurent dans le bureau de la Société des téléphones installé dans l'une des chambres de la maison mobile de M. Poitrineau.

Cet indicateur n'est pas électrique, il fonctionne néanmoins à une distance de 300 mètres; mais pour répondre à une objection qui a été posée, on a ajouté à l'appareil un mécanisme très simple qui met en fonction une sonnerie électrique, quand l'eau de la chaudière atteint son niveau le plus bas.

L'Exposition compte un certain nombre d'avertisseurs d'incendie, ce sont ceux de MM. Collin, Roulez, Carré, etc. Nous dirons quelques mots seulement de ce dernier appareil, tout récent, et qui vient d'être récompensé par la Société industrielle de Rouen.

Cet avertisseur, extrêmement simple, se compose essentiellement d'un fil métallique, tendu verticalement, dont l'extrémité inférieure est fixée à un crochet qui termine une tige carrée à un bout, filetée à l'autre, et constituant l'appareil de réglage de la tension du fil. L'extrémité supérieure du fil est également fixée à un crochet faisant corps avec un ressort en acier, dont le contact de l'extrémité libre avec une pièce métallique ferme le circuit d'une pile à sonnerie.

On comprend aisément, sans qu'il soit utile d'insister, que sous l'action d'une certaine température, le fil se dilate et permet au ressort dont nous venons de parler de buter contre le contact.

La sensibilité de cet appareil dépend de la tension que l'on donne au fil à l'aide de l'appareil de réglage.

On emploie d'ordinaire un fil de fer de 5 mètres de longueur qui subit les allongements suivants, sous l'action de l'élévation de la température :

0,06 millimètres	pour une	augmentation	de température de	1	degré.
0,6	—	—	—	10	—
1,2	—	—	—	20	—

M. Carré a muni son appareil d'une roue de réglage divisée, qui permet d'obtenir que la sonnerie ne se mette en marche qu'à une température déterminée. Il a ajouté en outre un second butoir contre lequel le ressort vient au contact, quand la température d'une enceinte s'est abaissée au-dessous d'une température donnée.

Nous mentionnerons encore l'appareil électrique de dévidage et pesage automatique de M. L. Mourèche, qui figurait à l'Exposition d'électricité de Paris, en 1881 (voir l'*Électricien*, n° 17 du 15 décembre 1881), le coffre-fort incombustible, avec avertisseur électrique de M. de Cagneux; enfin l'exposition de la Société d'émulation, qui renferme un grand nombre d'instruments scientifiques.

L. CHENUT.

SIGNAUX DE CHEMINS DE FER

SYSTÈME CURRIE ET TIMMIS

Nous avons déjà eu l'occasion de parler des signaux manœuvrés à distance par l'électricité; dans les appareils faisant partie du block system, les manœuvres des signaux étaient généralement solidaires du fonctionnement de déclenchements électriques qui permettaient ensuite la mise à l'arrêt ou à voie libre des signaux, soit automatiquement, soit à la main. On a également songé à manœuvrer les signaux à distance indépendants du block system au moyen de l'électricité; à cet effet, on a presque exclusivement fait usage jusqu'ici que de mouvements d'horlogerie qui commandaient la manœuvre du signal et qui étaient mis en marche ou arrêtés par l'intermédiaire des électro-aimants que l'on faisait agir au moyen d'un courant électrique. Tels sont les systèmes de MM. Schœffler, Krizick, Teirich, etc[1]....

[1] Voy. l'*Électricien*, t. III, p. 506.

MM. Currie et Timmis viennent d'appliquer un système dans lequel le courant électrique commande directement la manœuvre du signal sans le secours d'aucun intermédiaire. Nous en empruntons les dessins à *The Engineer*.

Comme on le sait, cette idée n'est pas nouvelle, mais on n'avait pas d'électro-aimant qui fournît une puissance d'attraction suffisante pour permettre de la réaliser pratiquement. On n'utilise généralement qu'une distance d'un demi-pouce entre les pôles et l'armature. Or, la puissance d'attraction décroît en raison de la racine carrée de cette distance ; par conséquent la vitesse avec laquelle l'armature d'un électro-aimant puissant vient au contact des pôles est si grande que le choc qui en résulte, et les dispositions prises pour effectuer le travail mécanique, sont si considérables, qu'il est presque ou complètement impossible d'employer des électro-aimants à cet effet. Le décroissement rapide de l'action magnétique, quand l'armature abandonne les pôles, exigeait en outre l'emploi d'une grande force électromotrice et d'un puissant électro-aimant, afin d'obtenir une attraction considérable même à une portée d'un demi-pouce, et cette grande puissance était presque inutilisée complètement à la fin de l'attraction. M. Currie a remédié à ces inconvénients avec ses électros, car leur attraction magnétique est distribuée sur une plus grande étendue, et en outre on peut obtenir par leur emploi et avec le même courant une attraction initiale beaucoup plus grande à une distance plus considérable, qu'avec les électro-aimants ordinaires de même poids.

Les figures 1 et 2 représentent deux formes différentes que l'on donne à cet électro-aimant. La figure 1 donne une coupe et une élévation de l'électro simple, qui se compose d'un tube central en fer doux dont l'extrémité inférieure est fixée à une tôle de fer, sur le contour extérieur de laquelle est placé un autre tube en fer plus grand ; cet espace annulaire ainsi formé est rempli de fils de dimensions diverses, généralement 2,2 millimètres. Une plaque de laiton recouvre la partie supérieure de l'électro.

Son armature consiste en un noyau central, dont la partie inférieure est recouverte par un tube en laiton. La partie supérieure du noyau porte un disque en fer doux pourvu d'un rebord. La partie extérieure de ce dernier est disposée de manière qu'on puisse en régler la saillie, et, dans quelques cas, elle est dentelée, comme le montre la figure. Le but de cette dernière disposition est d'éviter un trop brusque accroissement d'attraction à mesure que le disque s'approche des pôles.

L'électro se comporte donc comme un solénoïde vis-à-vis de son

noyau jusqu'à ce que celui-ci ait pénétré d'une quantité notable dans le tube. C'est la première partie de l'attraction; comme dès lors la

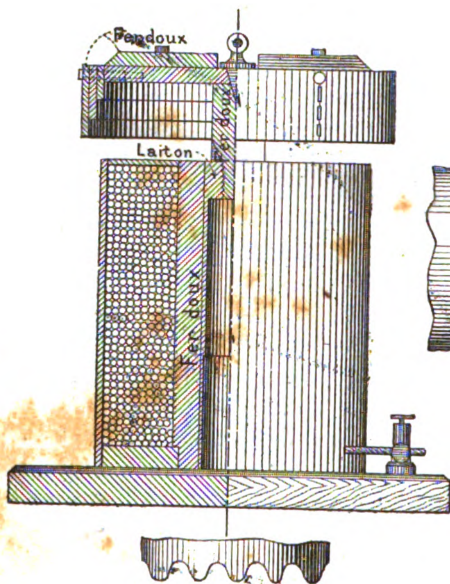


Fig. 1.

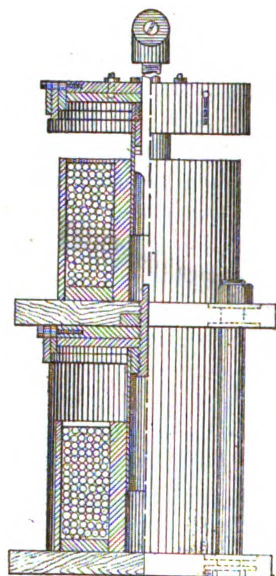


Fig. 2.

puissance d'attraction décroît, vu que le noyau a atteint la position correspondant au plus grand effet du solénoïde, le disque-armature s'approche du pôle et par conséquent l'action s'accroît. On a donc une force d'attraction sensiblement constante sur une assez grande longueur. Le contact soudain, qui est la conséquence d'une attraction violente, et qui est commun à tous les électros ordinaires quand l'armature vient au contact des pôles, est évité par la forme de la saillie du disque. Eu égard à l'emploi d'une saillie embrassant les pôles, une grande partie de l'attraction au contact est évitée par la diminution d'effort vertical résultant de la division des lignes de force dans une direction radiale au centre magnétique ou normale à la surface cylindrique, qui résulte du capuchonnage des pôles par le couvercle.

La figure 2 représente l'électro double disposé afin d'obtenir le même effort sur une longueur double ; cette disposition est nécessaire pour mettre le sémaphore aux trois positions successives, *voie libre*, *ralentissement*, *arrêt absolu*. Quand l'armature de l'électro supérieur a atteint sa position la plus basse, l'armature de l'électro-aimant inférieur se trouve dans une position où elle commence à agir; la

tige reliant les deux armatures peut glisser dans le noyau de l'armature supérieure.

Les courbes de la figure 3 représentent la variation d'attraction de

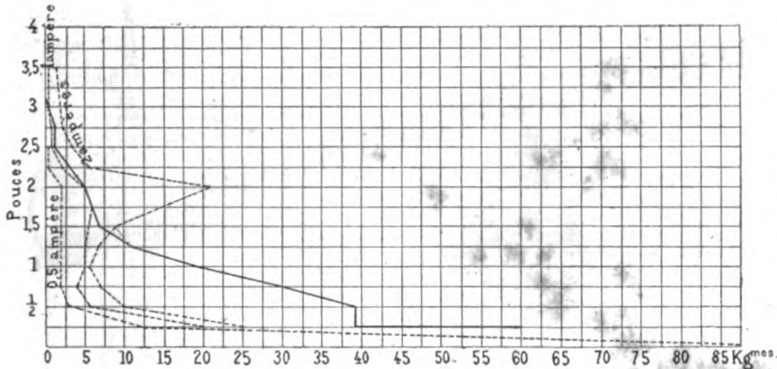


Fig. 3.

l'électro à mesure que l'armature s'approche des pôles. Les abscisses représentent des kilogrammes et les ordonnées des pouces.

Les lignes pointillées indiquent les résultats obtenus avec un électro-aimant et avec des courants d'intensités différentes.

La puissance d'attraction dans la position de l'armature au contact était :

Intensité du courant.	Kilogrammes.
0,5 ampère	94
1 —	117
2 —	162
3 —	235
4 —	244
5 —	263

La ligne pleine indique les résultats obtenus avec un autre électro-aimant et une disposition différente de l'armature. La puissance d'attraction au contact est de 180 kilogrammes.

La résistance de l'électro-aimant est de 5 ohms; l'intensité du courant employé est en moyenne de 0,2 ampère et ne dépasse jamais 10 ampères; la force électromotrice de la pile est de 50 volts. Le contact des fils quand le courant passe ne présente ainsi pas de danger.

Les figures 4 et 5 représentent l'application qui a été faite de ce système aux sémaphores du Great Northern Ry. L'électro-aimant est disposé dans une boîte placée du côté du mât opposé à celui qui porte le bras et les lunettes. Ces dernières constituent un contrepoids qui maintient le bras du sémaphore horizontal (*à l'arrêt*), quand le

circuit est rompu et que l'électro n'agit pas. La tige qui relie les lunettes au bras du sémaphore est disposée de telle sorte que, quand la lunette est dans sa position la plus basse correspondant à la posi-

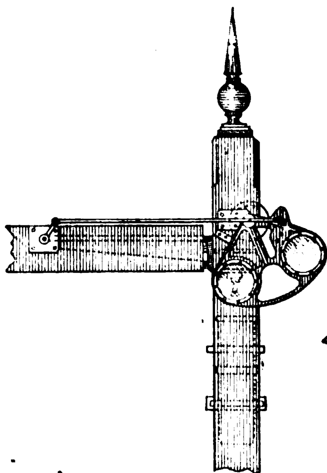


Fig. 4.

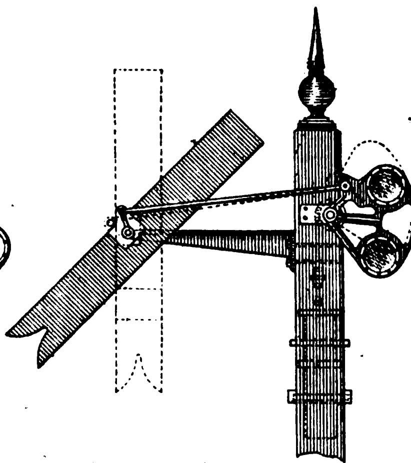


Fig. 5.

tion du signal à l'arrêt, son axe de rotation se trouve sur la ligne de la tige de connexion; de cette manière le sémaphore est, dans cette position, à l'abri de l'action des forces autres que l'attraction de l'électro-aimant, qui agit directement sur l'axe de rotation des lunettes.

Le bras peut prendre les trois positions suivantes : horizontal, *arrêt absolu;* incliné à 45 degrés, *ralentissement;* vertical ou effacé, *voie libre.*

Les inventeurs ont également disposé leur système de manière à pouvoir l'appliquer aux signaux existants qui peuvent dès lors être manœuvrés, soit électriquement, soit mécaniquement.

Les ateliers de la *Gloucester Wagon Company* ont fait une application de ce système à un poste de signaux renfermant treize leviers de manœuvre.

Nous devons tout d'abord montrer la manière dont les leviers mettent les signaux en action.

La figure 6 indique la disposition de ces leviers; les résistances interposées dans le circuit et qui sont des lampes Swan, sont représentées auprès des leviers mais, ce n'est pas ce qui a lieu en réalité. Quand le levier Y est dans la position Z, la touche C n'est pas au contact de L, de sorte que le courant passe dans l'électro du signal sans

passer à travers la lampe. Dans cette position du levier, où l'armature repose sur l'électro, il passe un courant très faible dans le circuit. Quand le levier est dans la position X, aucun courant ne passe et le sémaphore est à l'arrêt. Mais ce levier vient s'appuyer sur deux contacts B, B qui peuvent servir à l'enclenchement, comme on le verra plus loin. Quand le levier est dans la position Z, la pièce C est en contact avec L, le courant tout entier passe dans l'électro; c'est nécessaire pour mettre l'électro en action et abaisser le bras du sémaphore.

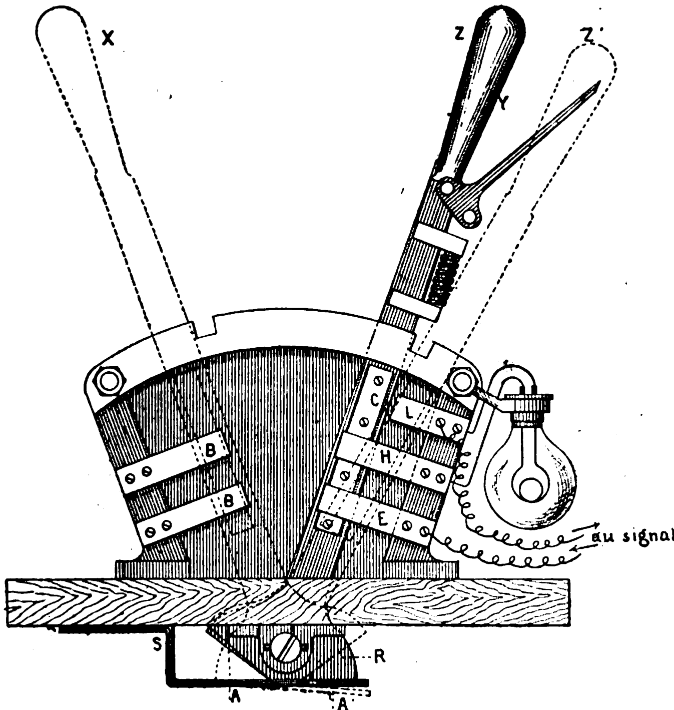


Fig. 6.

Ceci n'a lieu que temporairement et le levier ne reste pas dans cette position à moins que l'on ne l'y maintienne à la main, car le ressort S pressant sur le secteur R oblige le levier à prendre la position Z où il est retenu dans une encoche. Le secteur et le ressort entrent également en jeu quand on pousse la poignée au delà de la position X.

Les lampes Swan n'agissent pas seulement comme résistances, mais elles montrent au signaleur que le courant passe et que tout fonctionne convenablement.

Quand l'armature est au contact et que le signal est à *voie libre*, un commutateur introduit automatiquement dans le circuit un petit fil de résistance (situé entre l'électro et le rail servant de fil de retour), qui actionne un petit électro-aimant et un signal *tell-tale* ou répétiteur dans la cabine, et indique ainsi au signaleur la position du sémaphore.

Le petit fil de résistance qui sert en partie de fil de retour, au lieu de permettre au courant de rejoindre directement le rail, réduit l'intensité du courant passant dans l'électro de 5 à 0,125 ampères, et diminue ainsi la dépense de courant.

En se reportant à la figure 3, on voit que dans tous les cas un courant de 0,125 ampère est suffisant pour maintenir le bras du sémaphore à *voie libre*. Si l'on ne manœuvre qu'un seul signal, on ne fait usage que d'un seul commutateur; si l'on manœuvre deux ou plusieurs signaux de la même cabine, on fait usage de commutateurs multiples qui s'opposent à ce qu'il soit possible de mettre en même temps à voie libre un plus grand nombre de signaux qu'il ne convient, comme on peut s'en convaincre par l'exemple suivant :

La figure 7 représente le schéma de l'installation faite par les ateliers de la *Gloucester Wagon Company*. Cette cabine renferme treize leviers.

Ce poste de signaux commande une bifurcation située tout près d'une gare. Trois des leviers commandent les deux aiguilles et un verrou (sur l'aiguille prise en pointe); ils sont manœuvrés à la manière ordinaire.

Les dix autres leviers commandent les signaux électriquement et six d'entre eux sont enclenchés, les quatre autres ne le sont pas.

Avant d'examiner le fonctionnement de ces appareils il est peut-être utile de rappeler les principes de l'exploitation anglaise qui motivent d'ailleurs l'installation du poste et la position des signaux.

La voie est normalement fermée par les signaux et on ne l'ouvre que sur l'annonce du train.

Dans chaque sens de la marche la voie *c* est ouverte par des signaux à distance dont la signification est analogue à celle des chemins français et représentés sur la figure par une flamme échancrée (1, 11 et 13).

En outre, dans chaque direction la bifurcation est couverte par un signal local (*home signal*) qui commande l'arrêt absolu lorsqu'il est horizontal et représenté sur la figure par une flamme (5, 10 et 12). Enfin dans la gare et pour chaque direction il y a un signal de départ (*starting signal*), qui, lorsqu'il est horizontal, commande également

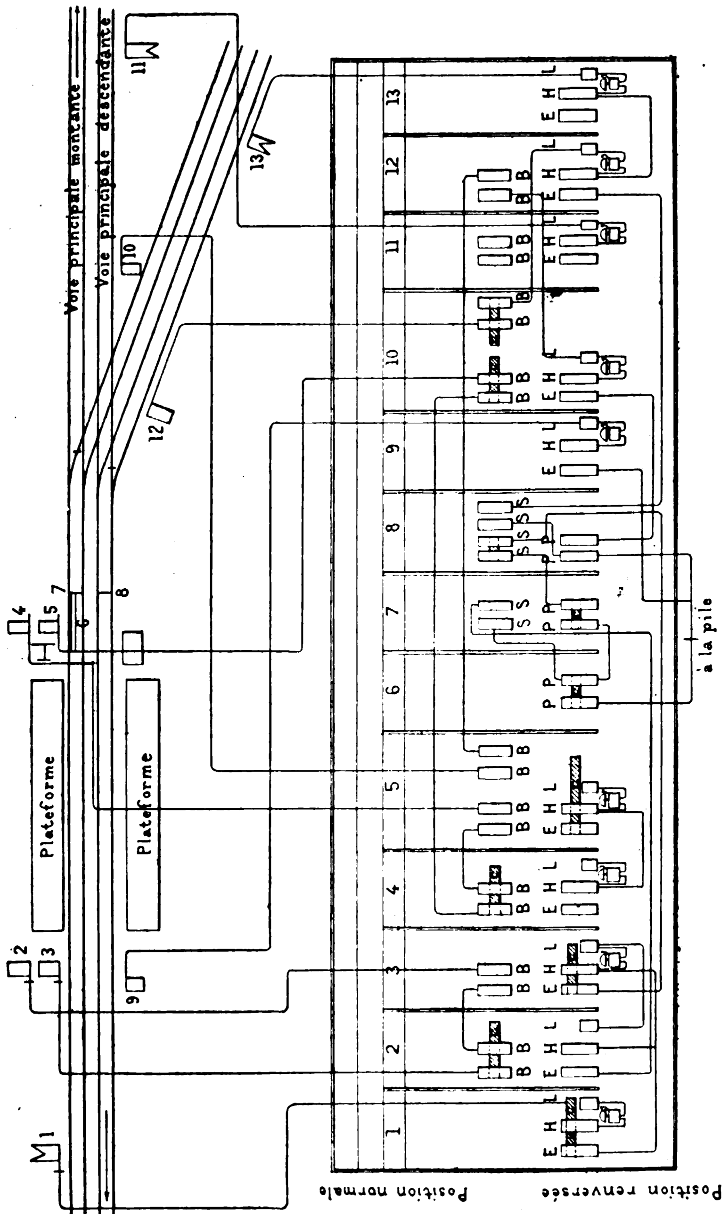

Voie principale montante
Voie principale descendante
Plateforme
Plateforme
Position normale
Position renversée
à la pile

Fig. 7.

l'arrêt absolu et est aussi indiqué par une flamme (2, 3 et 9). Le levier 6 commande le verrou et les leviers 7 et 8 les aiguilles.

On va voir, d'après la figure 7, que tous les signaux et aiguilles que l'on ne doit pas manœuvrer ensemble sans compromettre la sécurité sont enclenchés et ne peuvent être manœuvrés en même temps.

Il y a à cet effet un jeu de commutateurs assez ingénieux.

Les lettres B, B, E, H, L placées dans les cases des signaux correspondent aux touches représentées par les mêmes lettres dans la figure 6, et on s'explique ainsi facilement leur jeu. Les lettres S et P placées dans les cases des aiguilles et du verrou représentent des touches analogues aux précédentes, sur lesquelles vient s'appuyer le levier de manœuvre (dans l'une ou l'autre position) pour les mettre en communication.

Supposons, par exemple, que l'on veuille faire passer un train de la ligne principale sur l'embranchement, il faut manœuvrer le verrou 6, l'aiguille 7, les signaux 1, 3 et 5. La position normale des aiguilles étant celle qui est indiquée sur le schéma (donnant la voie principale), il est nécessaire de renverser les leviers du verrou et des aiguilles, et on établit ainsi, par la position même du levier, la communication entre P, P (6) et P, P (7). L'aiguille 7 peut alors être dirigée sur l'embranchement ; mais la communication est établie entre S S (8) par le levier de l'aiguille (8) qui est dans sa position normale ; de plus S (8) communique avec E (3). En renversant le levier (3), on établit la communication entre E, H, L (3). Le levier appuyant sur L (3), le courant passe par B, B (2) au signal (3), qui est dès lors abaissé. De même le courant passe de H (3) à E (1), et en renversant le levier (1) on relie E, H, L (1) et le signal (1) s'abaisse. De même le courant passe par P P (6), P P (7) S, S (8) E, H, L (5), B, B (4) B, B (10) et le signal (5) en renversant ce dernier levier.

Dans l'exemple que nous avons choisi, on fait passer un train de la voie principale sur l'embranchement. Dès lors le signal local (10) de la voie principale descendante ne doit pas pouvoir être abaissé. En se reportant au diagramme, on voit que si le signal (10) était effacé, le levier (10) devrait être renversé pour établir la communication E, H, L (10), mais alors il ne peut y avoir contact entre B, B (10) (contact qui n'a lieu que dans la position normale du levier), par conséquent le signal 5 correspondant à la voie montante de l'embranchechement ne pourrait pas être effacé.

De même tous les autres signaux sont enclenchés de manière à assurer une sécurité absolue. Il faut remarquer que les aiguilles et le verrou peuvent être manœuvrés soit électriquement, soit par les moyens mécaniques ordinaires ; dans ce dernier cas, les leviers vien-

nent s'appuyer sur des contacts S et P analogues à ceux des leviers des manœuvres électriques. On peut évaluer approximativement la dépense de courant des piles secondaires que, pour diverses raisons, MM. Currie et Timmis emploient de préférence aux piles primaires.

Comme on l'a déjà dit, un courant continu passe dans les signaux pendant qu'ils sont à *voie libre*, de sorte que la position normale est l'arrêt absolu. Chaque bras de sémaphore est effacé sous l'action de l'électro-aimant; et quoique au moment où l'on a besoin de développer l'effort maximum un courant de 5 ampères soit suffisant, on emploie un courant de 10 ampères. Quand l'armature de l'électro est attirée, le bras du signal est à *voie libre*, la résistance est introduite automatiquement dans le circuit, et le courant qui maintient le bras dans cette position est de 0,2 ampère seulement. On évalue le temps de la position du signal à *voie libre* à douze heures sur vingt-quatre; on compte que le signal est manœuvré 150 fois par vingt-quatre heures et que la durée de chaque manœuvre est de deux secondes. On peut dès lors évaluer la dépense de courant de la manière suivante :

	Ampères-heure.
150 manœuvres de 2 secondes chacune = 300 secondes × 10 ampères	= 0,8
Maintien à la position *voie libre* 12 heures × 0,2 ampère	= 2,4
Ampères-heure par signal et par 24 heures	3,2

La quantité d'électricité dépensée est $Q = 3,2$ ampères-heure; la résistance du circuit est $R = 5$ ohms, la force électromotrice que l'on doit employer $E = IR = 10$ (intensité maxima) $\times 5 = 50$ volts.

R. SÉGUÉLA.

NÉCROLOGIE

L'ABBÉ F. MOIGNO

La science vient de perdre un de ses vétérans en la personne de l'ABBÉ MOIGNO (*François-Napoléon-Marie*), né à Guéménée (Morbihan), le 20 avril 1804, et décédé à Saint-Denis, le 13 juillet 1884.

On lui doit l'un des plus anciens traités de *Télégraphie électrique* qui fit longtemps autorité en la matière, et une centaine de volumes sur les *Actualités scientifiques*, parmi lesquels un certain nombre sont exclusivement consacrés à la science électrique.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

—

Éclairage électrique domestique. — L'éclairage électrique des bals et soirées, très à la mode maintenant de ce côté-ci du détroit, a donné lieu à une nouvelle industrie.

Dans la journée, des ouvriers viennent poser les fils temporaires et fixer en position les lampes et l'appareillage nécessaire, laissant passer par une fenêtre ou ouverture quelconque les deux fils qui doivent être reliés à la source d'électricité. Dans la soirée arrive un camion chargé d'accumulateurs. La connexion est établie au moyen de deux raccords, et l'éclairage prêt à fonctionner. Sir Daniel Cooper donnait, il y a quelques mois, un bal éclairé dans ces conditions, et plus récemment, une soirée à laquelle étaient invitées les sommités de la science électrique. Sir D. Cooper est le président de la Compagnie exploitant les accumulateurs Faure-Selton-Volckmar. A l'occasion de cette soirée, 60 accumulateurs d'un type récent avaient été expédiés, la veille, tout chargés, et installés dans l'écurie; ils alimentaient 126 lampes Swan de 20 candles, distribuées dans toutes les pièces, passages, etc., de l'immense hôtel. L'effet était des plus agréables, et l'éclairage des plus réussis. De nombreux appareils scientifiques, principalement électriques étaient exposés, rendant cette soirée particulièrement attrayante pour les distingués invités.

Comme nous le disions en commençant, ce système d'éclairage devient tout à fait à la mode, et, la semaine dernière, l'habitation d'une dame connue était éclairée à giorno à l'occasion de deux soirées dansantes, données au milieu des plus fortes chaleurs que nous venons de traverser. La température était des plus confortables et peut-être moins élevée que celle qui aurait résulté d'un éclairage au gaz par une soirée d'hiver. Les lampes, du type Woodhouse et Rawson, étaient alimentées par 30 accumulateurs Faure.

Éclairage électrique du Parlement. — La Chambre des communes et ses dépendances sont éclairées électriquement, ainsi que nous en avons précédemment rendu compte. La Chambre des lords ne veut pas rester en arrière et demande aussi à être éclairée par le nouvel illuminant. Dans une récente séance, lord Greville a demandé si aucune mesure n'allait être prise pour éclairer électriquement la Chambre des lords, et si, considérant la grande importance d'obtenir les résultats

les meilleurs et les plus économiques, le gouvernement ne mettrait pas l'entreprise de cet éclairage en adjudication parmi les meilleures compagnies d'éclairage de ce pays. Lord Sudeley répondit qu'il ne pouvait dire quand la Chambre des lords serait éclairée électriquement, le sujet est à l'étude et l'examen des projets prendra quelque temps, vu le soin avec lequel il doit être fait, le coût devant entraîner une dépense considérable ; une partie des travaux ayant déjà été exécutée par une Compagnie, il ne peut dire jusqu'à quel point il sera possible de provoquer une compétition publique, mais il espère cependant qu'elle pourra se reproduire.

Avant de quitter l'éclairage électrique, nous dirons que le *Riachuelo* navire cuirassé à tourelles, construit à Londres pour le gouvernement brésilien, est éclairé entièrement à l'électricité au moyen de lampes Swan de 20 candles, le courant étant fourni par trois dynamos type Siemens.

Nous ajouterons enfin, que 120 demandes ont été faites au *Board of Trade*, pour des ordres provisoires d'éclairage ; 73 ont été accordées et sanctionnées par le Parlement. Sur 10 licences demandées, 9 ont été abandonnées et la 10e, celle de Colchester, va être accordée incessamment.

Aucune des parties ayant obtenu des ordres provisoires n'a jusqu'ici commencé la distribution de l'électricité.

Sir William Siemens. — *The Institution of Civil Engineers* a, dans l'une de ses dernières séances, présidée par Sir Joseph Bazalgette, son président actuel, décidé d'honorer la mémoire de Sir William Siemens en plaçant, dans l'abbaye de Westminster, un vitrail commémoratif. Le coût de ce tribut sera de 15 à 20 000 francs, et les souscriptions sont limitées à une *guinea* (26fr,25). Les autorités de l'abbaye de Westminster, consultées, ont consenti avec la meilleure grâce à accorder l'une des fenêtres pour cet usage.

Contentieux. — Les diverses branches de l'industie électrique ont, dernièrement, fourni leur contingent aux hommes de loi ; parmi les cas les plus importants, nous notons :

Muirhead contre *The Direct United States Cable Co*. — M. Muirhead est l'inventeur bien connu d'un système Duplex de télégraphie sous-marine au moyen duquel deux messages peuvent être envoyés en même temps, en sens contraire, sur le même câble. La Compagnie défendante a adopté et appliqué ce système en 1877, s'engageant à payer, trimestriellement, à l'inventeur, une redevance annuelle de 50 000 francs, tant que le système Duplex fonctionnerait d'une

manière satisfaisante, le payement de la redevance devant cesser en cas d'interruption totale de communications télégraphiques et pendant la durée de telles interruptions.

Tout alla bien, de part et d'autre, jusqu'en avril 1882, lorsqu'une faute se déclara dans le câble, laquelle rendit inutile l'usage du système Duplex. La Compagnie continua à payer la redevance jusqu'en 1883, puis cessa, se retranchant derrière les termes de son traité, qu'elle interpréta à sa manière, bien entendu. La ligne fonctionne en simple, la faute coûterait entre 750 000 et 2 000 000 francs à réparer. La Compagnie a un fonds de réserve de 8 500 000. La faute dans le câble n'est pas due au système Duplex qui n'a pas cessé de fonctionner satisfaisamment dans les conditions dans lesquelles il a été établi, puisqu'il a fonctionné convenablement, pendant cinq années, dans ces conditions, et que ces dites conditions ont cessé d'exister pour des causes dont la Compagnie, et non M. Muirhead, doit être responsable. Pour toutes ces raisons, le juge se prononce en faveur du plaignant et condamne la Compagnie à lui payer les 25 000 francs de redevances arriérées qui lui sont dues.

Muir and C° contre la *Anglo-American Brush Electrical Light C°*. — Ce procès, très curieux, a mis depuis deux ans la magistrature du pays dans la plus grande perplexité.

Les plaignants ont entrepris de construire, pour les défendeurs, une machine à aléser les dynamos, pesant environ 15 tonnes, et devant coûter 184 000 francs. Les défendeurs demandaient livraison dans huit à neuf semaines; les constructeurs répondaient qu'ils ne pouvaient l'exécuter dans moins de treize ou quatorze, mais « qu'ils feraient de leur mieux pour la livrer, autant que possible, dans le délai stipulé » (huit ou neuf semaines). Les défendeurs n'ont pas pressé la livraison et les constructeurs ont mis neuf mois à compléter la machine dont les défendeurs refusent livraison. Ladite machine ne comprend pas moins de 1840 parties distinctes, et a coûté à établir 3750 francs de plus que le prix du contact, et les constructeurs plaident que neuf mois, dans des conditions semblables, ne constituent pas un délai exagéré.

La cause, jugée à Manchester, a été décidée en faveur des constructeurs ; ce verdict a été annulé ultérieurement, pour des raisons techniques, et la cause est revenue, à Manchester, devant un autre juge et un jury spécial; le jury ne pouvant arriver à une conclusion, le juge prit sur lui de décider en faveur de la Compagnie. Le cas placé devant une cour de juridiction divisionnaire, celle-ci a annulé la décision du juge, déclarant que le cas était du ressort du jury. La Cour d'appel s'étant prononcée dans le même sens, ordonna que le cas soit jugé une troisième fois, ce qui eut lieu devant un jury et un autre juge.

Le jugement fut rendu en faveur des constructeurs et la Compagnie défendante reparaît en Cour, pour demander que ce dernier jugement soit annulé, le verdict étant contre les témoignages, et que le cas soit jugé de nouveau.

La machine, d'après les défendeurs, n'a plus de valeur que comme vieux matériel, d'autres machines perfectionnées ayant été inventées depuis ; d'autre part, les frais de procédure sont tellement considérables, qu'une entente entre les deux parties est devenue impossible.

Le juge décide que le dernier jury s'étant convenablement prononcé, il n'y avait pas lieu de modifier le verdict et renvoie la Compagnie des fins de sa plainte, la condamnant aux dépens. J. A. BERLY

TRAVAIL MÉCANIQUE CONSOMMÉ
PAR L'ÉLECTROLYSE DE CERTAINS SULFURES ET AUTRES SELS MÉTALLIQUES

PAR L'INGÉNIEUR E. MARCHESE[1]

(SUITE ET FIN)[2]

TRAVAIL DES RÉSISTANCES (Σr). — Après avoir comparé, dans l'expression du travail utile électrolytique ou de l'intensité du courant

$$I = \frac{E - e}{\Sigma r},$$

l'influence de la valeur pratique que prend e suivant qu'il s'agit d'un sulfure métallique ou du sulfate correspondant, il faut voir maintenant si la grande économie de travail constatée de ce chef, à l'avantage de l'électrolyse du sulfure, n'est pas compensée, par hasard, du fait d'un accroissement relatif de l'autre terme Σr.

L'intensité (travail utile) directement proportionnelle à la force électromotrice effective du circuit ($E - e$) est aussi inversement proportionnelle aux résistances représentées par le terme Σr, auxquelles elle est liée par la relation qui existe entre les coordonnées d'une hyperbole, pour une force électromotrice donnée $E - e$.

Il est par suite intéressant de comparer la façon dont se compor-

[1] *Giornale dei Lavori pubblici e delle Strade ferrate.* Gênes, 1883.
[2] Voy. l'*Electricien*, n° 79, page 68.

tent les résistances dans les deux cas d'électrolyse des sulfates et des sulfures.

Ces résistances peuvent se décomposer ainsi :

a. Résistance intérieure du générateur électrique (pile, machine dynamo...) qui pour une source donnée est la même dans les deux cas. Mais comme il doit exister un certain rapport entre la résistance de la source et la résistance extérieure, on voit qu'une résistance extérieure plus grande peut rendre nécessaire une plus grande résistance de la machine et, par suite, une nouvelle augmentation de la résistance totale Σr qui dès lors absorbera une plus grande partie du travail utile.

b. Résistance des conducteurs aboutissant aux deux électrodes; elle est encore la même dans les deux cas.

c. Résistance de l'électrolyte séparant les électrodes : on peut également la supposer commune aux deux cas, puisqu'on peut, dans l'électrolyse des sulfures, employer le même électrolyte que pour le traitement des sulfates, la différence d'électrolyte dans le traitement du sulfure métallique ne déterminant aucune différence dans la force électromotrice nécessaire, qui est simplement, ainsi que nous l'avons vu précédemment, celle qui correspond à la décomposition de ce sulfure.

d. Résistance de la cathode sur laquelle se dépose le métal; on peut ici encore admettre l'identité puisque, dans les deux cas, le métal peut être recueilli sur une lame de même nature.

e. Résistance de l'anode; dans l'électrolyse du sulfate, cette anode ne peut être constituée que par un métal inattaquable, c'est-à-dire pratiquement par une substance non métallique, puisqu'on ne peut pas admettre l'emploi industriel d'une grande surface d'anodes de platine. Elle peut donc être faite de graphite, de coke ou de charbons diversement préparés ou appliqués sur des cadres différents. Ces substances, qui ont une conductibilité supérieure à celle des sels métalliques, sont cependant moins conductrices que les métaux.

En conséquence, pour vérifier si pratiquement l'emploi d'un sulfure métallique comme anode, dans le traitement des sulfures, peut déterminer une résistance plus grande, et par suite un rendement utile moindre que l'anode applicable à l'électrolyse des sulfates, l'auteur l'a comparée à une anode métallique, et de préférence à une anode de cuivre qui est (après l'argent) le plus conducteur des métaux.

a. Il a déterminé la chute de potentiel entre deux électrodes de cuivre, avec une source d'électricité donnée, et a trouvé une différence δ. — Il y avait électrolyse du cuivre métallique.

b. Il a substitué à l'anode de cuivre une anode d'égale surface en sulfure de fer et de cuivre, dans les mêmes conditions; la différence a été trouvée égale à Δ. — Il y avait électrolyse du sulfure métallique.

c. En intervertissant ensuite les électrodes de cette seconde expérience (*b*), c'est-à-dire en employant l'électrode de sulfure métallique comme cathode et l'électrode de cuivre comme anode, il supprimait l'électrolyse du sulfure et déterminait de nouveau celle du cuivre; la différence de potentiel fut alors trouvée encore sensiblement égale à δ.

La plus grande différence $\Delta - \delta$, mesurée dans le second cas (*b*), correspondait à la chute de potentiel créée par la réaction chimique de décomposition électrolytique du sulfure métallique. L'élimination de cette cause d'abaissement par l'interposition d'un obstacle à la décomposition du sulfure métallique employé comme cathode dans le troisième cas (*c*), ramenait la différence de potentiel sensiblement dans les limites résultant de l'emploi des deux électrodes en cuivre comme dans le premier cas (*a*).

Ainsi donc, au point de vue de la résistance, l'emploi de l'anode en sulfure métallique ne donne pas de résultats sensiblement moins avantageux que l'emploi de deux lames de cuivre qui est pratiquement le cas le plus favorable.

A plus forte raison ne peut-il pas donner des résultats inférieurs (il les donnera plutôt meilleurs également au point de vue de la difficulté d'une bonne distribution des surfaces d'anodes en graphite ou en charbon et de leur conservation) à ceux que fournit l'emploi des anodes applicables à l'électrolyse des sulfates métalliques.

Notons en passant, à propos des résistances spécifiques, que celles des sulfures métalliques naturels ou artificiels ne sont, à notre connaissance, indiquées dans aucune publication.

M. Gariel, dans son traité pratique d'électricité actuellement en cours de publication, se borne à reproduire la liste de Faraday d'après laquelle la conductibilité des *minerais métalliques* est indiquée comme inférieure à celle des *solutions salines*. Or, d'après les mesures prises par M. l'ingénieur G. Badia au laboratoire électrométrique de la Société des Mines de cuivre, à Gênes, les sulfures métalliques naturels, qui constituent la masse des minerais métalliques non altérés par une action oxydante extérieure, sont *notablement plus conducteurs* de l'électricité que les *sels métalliques* en dissolution.

TRAVAIL MAXIMUM DE L'ÉLECTROLYSE ET RENDEMENT ÉCONOMIQUE. — L'en-

semble des résultats ci-dessus paraît mettre hors de doute cette conclusion que, à tous les points de vue, l'électrolyse des sulfures métalliques présente sur l'électrolyse des sulfates et des sels métalliques en général des avantages si considérables qu'il n'y a pas à hésiter à abandonner l'étude de l'électrolyse des sulfates pour entreprendre celle des sulfures métalliques.

On évite ainsi, d'une part, la perte de travail due aux contre-courants de polarisation et, de l'autre, la décomposition électrolytique de l'eau, décomposition qui se produit en pure perte dans l'électrolyse des sulfates et des sels en général.

On n'a plus dès lors à vaincre que :

a. L'affinité chimique déjà connue pour plusieurs sulfures et qui peut sans grande difficulté être déterminée pour tout autre sulfure à traiter ;

b. La résistance du circuit.

Cette dernière peut, avec quelque étude, être réduite dans des limites pratiquement acceptables; il suffit de calculer convenablement la surface des électrodes, la meilleure composition de l'électrolyte, ainsi que la disposition et le nombre des bains.

Quant à l'affinité chimique qui constitue l'élément irréductible du travail absorbé, elle paraît, en ce qui concerne les sulfures, confinée dans des limites assez étroites pour encourager les recherches dans cette voie.

Nous rappellerons à cet égard les chiffres cités précédemment pour le travail mécanique en chevaux-vapeur correspondant à la précipitation d'une tonne de métal en vingt-quatre heures des sulfures ici considérés.

Si l'on veut chercher maintenant à quel travail effectif correspond ce travail de décomposition, on sait que, théoriquement, dans le transport de l'énergie, le travail maximum que peut fournir un moteur électrique correspond à $e = \frac{1}{2}E$, c'est-à-dire à la moitié du travail effectué par le générateur; or il en est de même de la décomposition électrolytique : étant donnée une réaction de décomposition correspondant à une consommation de force électromotrice e, on a entre cette force électromotrice et la force électromotrice E du générateur électrique, dans les conditions de travail maximum, la relation $E = 2e$ et par suite $e = \frac{E}{2}$.

Ce maximum correspond par suite à un rendement théorique de 50 pour 100.

Le travail du générateur électrique, *en admettant qu'il n'effectue*

aucun travail utile de décomposition, mais qu'il soit entièrement consommé dans les résistances Σr du circuit, serait :

$$T = EI.$$

Quant au travail de décomposition, si l'on admet qu'il soit représenté par $e = \frac{E}{2}$, d'où $I' = \frac{I}{2}$, il sera :

$$t = \frac{E}{2} I' = \frac{E}{2} \times \frac{I}{2} = \frac{EI}{4},$$

soit *le quart* du travail effectué par le générateur électrique n'accomplissant aucun travail d'électrolyse.

Mais comme par le fait du travail électrolytique l'intensité I devient $I' = \frac{1}{2} I$, du moment où il y a électrolyse, le travail du générateur électrique (et par suite celui du moteur mécanique qui l'actionne) baisse de moitié et devient $\frac{EI}{2}$, de sorte que le rendement théorique pendant l'opération électrolytique, au lieu d'être de 25 pour 100 comme on pourrait le croire à première vue, est en réalité de 50 pour 100.

Ce rendement théorique du *travail maximum de l'électrolyse* est celui vers lequel on doit tendre dans les localités où l'on dispose de forces motrices naturelles abondantes; si l'on voulait au contraire obtenir un meilleur *rendement économique* du moteur, il suffirait d'augmenter e entre les limites $\frac{1}{2}$ E et E; mais alors l'intensité I du courant, c'est-à-dire le travail utile de l'électrolyse, diminuerait proportionnellement, pour devenir nulle quand on aurait $e = E$ qui représenterait le rendement économique maximum, comme on le voit clairement par l'expression :

$$I = \frac{E - e}{\Sigma r}.$$

Ainsi le *double du travail mécanique* consommé dans la réaction de décomposition électrolytique est la limite théorique du travail moteur qu'on devra demander à l'énergie naturelle quand on voudra obtenir d'un générateur donné d'électricité le travail maximum électrolytique. La quantité plus grande qui devra être consommée pratiquement est susceptible de réduction théoriquement indéfinie, mais pratiquement comparable à la réduction des résistances passives dans une transmission mécanique. — Si au contraire le travail mécanique

doit être fourni par une machine à vapeur ou un autre moteur coûteux, il pourra convenir de se contenter d'un moindre rendement du générateur électrique donné, pour avoir un meilleur rendement économique du moteur mécanique. C'est une question de limites régie par l'ensemble des données économiques spéciales aux différents cas.

L'auteur a pris comme exemples les sulfures métalliques de la forme S + M, parce que ce sont les seuls dont les calories de combinaison aient été déterminées d'une façon absolument sûre par des savants faisant autorité.

Tous les sulfures métalliques que l'on rencontre en métallurgie ne correspondent pas à cette formule; il faudra par suite déterminer dans chaque cas les calories de combinaison des sulfures employés pour en déduire la force électromotrice nécessaire au traitement de chacun d'eux, opération qui peut se faire, soit directement par les mesures calorimétriques, soit par la mesure de la force électromotrice exigée pour leur décomposition électrolytique. D'ailleurs le sulfure métallique à traiter peut toujours être ramené à l'état de sulfuration le mieux approprié à l'électrolyse par des opérations accessoires plus économiques que la transformation du sulfure en sulfate par le grillage. E. B.

PRINCIPES GÉNÉRAUX

DE L'APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

A L'ÉCLAIRAGE ET AU TRANSPORT DE L'ÉNERGIE

PAR LE DOCTEUR W. KOHLRAUSCH

Quel que soit son parcours, un courant électrique effectue toujours la transformation de l'énergie électrique en une autre forme d'énergie; que le courant soit utilisé partiellement à échauffer un conducteur, à rendre une lampe incandescente, à déterminer un arc voltaïque, à précipiter un métal d'un sel en dissolution, à établir une différence de température entre deux soudures, à actionner des récepteurs télégraphiques ou téléphoniques, ou à faire tourner un moteur électrique. Chacune de ces transformations entraîne une perte qui est fonction de l'intensité du courant. Quoi qu'il en soit, l'électricité est un agent précieux en se sens qu'elle se prête si facilement à notre gré à

toutes sortes de transformations. Le courant échauffe toujours ses conducteurs et l'énergie calorifique développée dans ces derniers est toujours proportionnelle au carré de l'intensité du courant et à la résistance du métal qui lui sert de véhicule.

Si donc nous mettons en contact les pointes de deux crayons de charbon, par suite de la grande résistance que le courant rencontre à ces extrémités effilées, ces dernières deviennent incandescentes. Éloignons maintenant lentement les crayons l'un de l'autre, la résistance augmentera encore, l'incandescence est plus vive, l'air s'échauffe dans le voisinage du charbon incandescent, devient conducteur et le courant s'écoule sous forme d'un arc rougeâtre au violet d'une lumière peu intense, qui ne fait qu'accroître encore la température des crayons. Ces deux derniers ne brûlent cependant pas de la même façon. Celui par lequel le courant sort, le charbon positif, se consume plus rapidement que le négatif; il se creuse en cratère tandis que le charbon opposé prend la forme d'un cône de plus en plus aigu. La distance entre les crayons augmentant sans cesse, la résistance des couches d'air qui les séparent s'accroît également, et il arrive un moment où le courant ne peut plus vaincre cette résistance. Pour éviter donc l'extinction de l'arc, il a été imaginé un grand nombre de régulateurs qui ont pour but d'écarter les crayons si la résistance est trop faible et de les rapprocher si elle est trop grande.

La description de ces appareils nous conduirait trop loin. Disons seulement que presque toutes les nouvelles lampes se passent de mouvements d'horlogerie. Le charbon supérieur en descendant par son propre poids détermine ce mouvement, qui est réglé par des électro-aimants excités par le courant lui-même et agissant sur des aimants mobiles destinés à s'opposer à la descente du charbon. Dans les nouvelles lampes, de Serrin, Siemens, Bürgin, etc., les variations de résistance de la lampe se font sentir dans le circuit total et par suite dans la machine elle-même. La sensibilité de ces régulateurs doit donc être réglée tout différemment, suivant que les lampes sont actionnées par des magnétos ou des dynamos. En effet, les premières développant une f. e. m. constante, les variations de résistance produisent des effets bien plus faibles que dans les dynamos, pour lesquelles la f. e. m. varie en même temps que la résistance.

De plus il n'est pas possible de maintenir continuellement le même éclat à deux ou plusieurs lampes faisant partie du même circuit, puisque les variations de l'une réagissent sur les autres; c'est ce qui à longtemps fait désespérer de la possibilité de la division de la lumière. Cette question si débattue n'a aucun rapport cependant avec

la distribution de l'intensité qui est un problème résolu depuis longtemps et étudié dans tous ses détails.

Tout d'abord cette difficulté a été tranchée par les bougies Jablochkoff; comme la solution laissait encore à désirer, la maison Siemens et Halske a proposé une lampe due à Hefner von Alteneck, dans laquelle les variations d'intensité provenant de la combustion des crayons et de l'appareil compensateur, tendent à s'équilibrer à l'intérieur de la lampe au moyen de deux bobines.

Supposons deux bobines formant deux dérivations distinctes du courant principal et réunies par le charbon de la lampe. Si, par suite de la combustion, la résistance R des charbons augmente, l'intensité diminue dans cette portion de circuit, mais augmente dans les autres, de sorte que l'intensité du courant qui traverse le conducteur principal n'est pas sensiblement modifiée. Les variations de courant qui en résultent dans les deux bobines, réagissent par l'intermédiaire d'aimants mobiles sur un levier assez compliqué qui sert de compensateur. C'est sur le même principe que reposent toutes les lampes différentielles de Brush, Schwerd, Krizik, etc.

Ces lampes différentielles ont permis d'allumer plusieurs arcs dans le circuit d'une seule et même machine. Plus n'est besoin de réserver un circuit spécial à chaque lampe, et par suite il en résulte une économie notable dans l'installation, et une application plus étendue de ce mode d'éclairage.

De plus les lampes peuvent être placées en tension ou en dérivation. Dans le premier cas, chaque lampe doit être munie d'un appareil de sûreté qui ouvre une dérivation au courant dès que la lampe est consumée complètement ou s'éteint accidentellement, sans quoi cette extinction amènerait celle de toutes les autres lampes. En dérivation, cette précaution n'est pas indispensable. Mais, par contre, dans le premier mode de couplage, la longueur, et par suite le prix des conducteurs, est bien moins considérable quand les diverses lampes sont réparties sur une grande surface.

Dans toute installation d'éclairage par arcs voltaïques, il faut veiller naturellement à ce que la résistance de la conduite soit faible relativement à celle de la lampe, afin que le courant soit surtout utilisé à l'échauffement des crayons. Mais comme la résistance de ces derniers ne devrait être que de 1 ohm, il en résulte que les fils qui desservent les lampes doivent être très gros; sinon, une grande résistance dans les conducteurs absorberait une énergie calorifique considérable, qui non seulement se développe en pure perte, mais encore diminue l'énergie utile des lampes. Si tous les arcs sont en tension, il est évident que tous reçoivent la même intensité; sont-ils en dérivation, ceux

qui sont les plus éloignés de la machine sont traversés par un courant moins intense que les plus proches, puisque la résistance de la conduite croît avec la distance.

On pare facilement à cet inconvénient au moyen d'une légère modification dans le couplage.

Les machines destinées à l'alimentation des lampes à arc, et à d'autres applications encore, sont construites de façon que leur résistance intérieure soit environ la moitié de la résistance du circuit extérieur. On sait que la résistance de 5 lampes en tension est 5 fois celle d'une seule lampe; qu'au contraire, si les lampes sont en dérivation, la résistance totale n'est plus que le cinquième de celle d'une lampe, soit 25 fois plus petite que dans le premier cas. On voit donc que la résistance intérieure d'une machine à arcs couplés en tension doit être beaucoup plus grande que si les arcs étaient couplés en dérivation. Mais comme, dans ce dernier cas, l'intensité est 5 fois plus grande pour 5 lampes, la résistance 25 fois plus faible, la f. e. m. dans le couplage des arcs en dérivation est 5 fois plus petite que dans le couplage des arcs en tension, de sorte que ces deux modes se valent au point de vue économique, au point de vue du travail électrique EI. Il en est de même pour les pertes relatives à l'échauffement dans les conducteurs.

Si l'éclairage par arcs voltaïques convient aux grands espaces, il n'en est plus de même pour les usages domestiques. En diminuant même la puissance de l'arc jusqu'à sa dernière limite, placé dans un espace restreint, il éblouit d'une façon désagréable. Dans ce cas particulier la lampe à incandescence a un avenir certain.

La grande résistance des lampes à incandescence, de 30 à 200 ohms à chaud, exige l'emploi de f. e. m. assez considérables pour obtenir cependant une intensité suffisante. Cette dernière varie de 0,5 à 1,5 ampère, suivant la résistance et l'éclat de la lampe. Si l'intensité est trop faible, on n'a pas un éclairage suffisant; si elle est trop forte, on compromet la durée de la lampe. La réglementation de l'intensité est donc une question bien plus délicate encore dans les lampes à incandescence que dans les lampes à arc, et il faut porter encore plus d'attention dans le choix et la construction des machines. Si, par exemple, prévoyant une extension ultérieure de l'éclairage, on a installé immédiatement une machine plus puissante, dont on ne saurait diminuer le nombre de tours, il faut absolument intercaler des résistances, au détriment de l'économie de l'installation, puisqu'elles absorbent une certaine quantité de travail électrique sous forme d'énergie calorifique.

Prenons un exemple numérique : nous avons 40 lampes à incan-

descence à alimenter, exigeant une intensité de 0,8 d'ampère et une résistance de 80 ohms. Pour ne pas recourir à une machine développant une f. e. m. trop considérable, nous couplons toutes les lampes en dérivation. Les fils sont supposés d'un diamètre suffisant pour que leur résistance soit très petite relativement à celle des lampes. Chaque lampe exige 0,8 ampère, et par suite les 40 lampes, 32 ampères; la résistance des 40 lampes est de $\frac{80}{40} = 2$ ohms. La machine doit donc avoir 1 ohm de résistance intérieure, de manière à développer 32 ampères pour une résistance totale de 3 ohms, et au nombre normal de tours, une f. e. m. de 96 volts.

Ici, il nous faut introduire une nouvelle expression pour éviter toute erreur. On a l'habitude, pour caractériser une machine, de donner non sa f. e. m., mais, très souvent, la différence des potentiels aux aux bornes, exprimée en volts. Ceci provient de ce que l'on mesure la différence de potentiels directement aux bornes, tandis que l'on calcule la f. e. m. totale développée dans l'inducteur, en multipliant l'intensité par la somme des résistances intérieures et extérieures. — A f. e. m. égale, la différence de potentiels aux bornes dépend, comme il a été dit plus haut, du rapport entre la résistance extérieure et la résistance totale. La différence de potentiels aux bornes et la f. e. m. sont dans le même rapport que la résistance extérieure et la somme de la résistance extérieure et de la résistance intérieure. Plus donc la résistance extérieure est grande et plus la différence de potentiels aux bornes se rapproche de la f. e. m.; si au contraire on ferme la machine par un fil gros et court, la différence de potentiels est très petite par rapport à la f. e. m.

Dans l'exemple d'installation cité plus haut, la machine qui actionne les 40 lampes à incandescence doit avoir une résistance intérieure de 1 ohm, qui pour une résistance extérieure de 2 ohms donne une différence de potentiels de 64 volts. Si, eu égard à la résistance des conducteurs, nous le portons à 70 volts, nous sommes sûrs de ne pas pécher par défaut. Si maintenant l'intensité est trop grande, il est facile de la régler au moyen de résistances auxiliaires.

On peut également alimenter les lampes à incandescence par des courants alternatifs. L'éclat des lampes n'est pas interrompu à cause de la rapidité des variations de sens des courants, et il s'établit un état incandescent moyen, très constant.

L'avenir apprendra si l'application des courants alternatifs aux lampes à incandescence est plus économique que celle des courants directs au point de vue de la durée des lampes.

On mesure ordinairement le pouvoir lumineux des lampes en

bougies normales. Un bon brûleur au gaz équivaut à environ 16 bougies normales, une lampe à pétrole moyenne à 8 b. n. Les diverses lampes à incandescence varient entre 8 et 20 b. n., tandis que l'on construit des lampes à arc de 300 à 20 000 bougies normales.

Les frais d'installation et d'exploitation de l'éclairage électrique sont d'autant moindres que l'installation est plus importante et que les brûleurs sont plus puissants. Ils dépendent également de la nature du moteur disponible (hydraulique, une grande ou une petite machine à vapeur, un moteur à gaz). Plus on demande de lumière et plus l'électricité a d'avantages.

Les frais d'installation de grosses lampes à arc ressortent à la moitié, au tiers et même moins, de ceux occasionnés par le gaz, en y comprenant l'exploitation, les intérêts, l'amortissement.

Les lampes à incandescence elles-mêmes peuvent dans des installations d'une grande importance concourir avec le gaz, et il est évident qu'elles pourraient par la suite offrir des résultats encore plus économiques.

Le transport de l'énergie est une autre application de l'électricité qui est appelée à devenir plus tard aussi importante et à avoir une influence considérable dans le développement de l'industrie, bien que cette question soit loin jusqu'à présent d'avoir été étudiée dans ses détails pratiques avec autant de soin que celle de l'éclairage.

Nous nous contenterons donc d'ébaucher ce problème du transport de l'énergie.

Toute machine électrique qui transforme de l'énergie mécanique en un courant de sens constant dans son circuit extérieur, est susceptible, quand inversement on lui fournit ce courant, de prendre un mouvement de rotation et par suite de développer un travail mécanique. Une machine à courants alternatifs même jouirait de cette propriété si on lui fournissait la variation des courants aux temps voulus. Bornons-nous à considérer le cas où les machines destinées au transport de l'énergie sont des dynamos. Ces machines sont supposées identiques; l'une d'elles, que nous appellerons primaire, est actionnée par une machine à vapeur, et les courants développés par sa rotation vont exciter les électro-aimants de la machine secondaire dont l'inducteur se déplacera dans le champ magnétique de cette dernière, en sens inverse du mouvement de l'inducteur dans le champ primaire et avec une vitesse d'autant plus grande que la première dynamo tournera plus vite. Par suite de cette rotation inverse, la machine secondaire développe, aussitôt que le mouvement commence, une f. e. m. opposée à celle qui est produite par la machine primaire et

qui croît également avec le nombre de tours de cette machine. L'effet de cette force contre-électromotrice est de diminuer l'intensité du courant qui traverse tout le système, et ceci d'autant plus que le nombre de tours de la machine secondaire se rapproche plus de celui de la machine primaire.

Pour suivre de plus près ce qui se passe dans le système général de deux machines, nous supposons que la primaire est actionnée par un moteur à gaz dont l'énergie mécanique est calculée d'après la consommation du gaz. La première question qui se pose est la suivante : Quelle est la fraction de cette énergie mécanique qui est transformée en énergie électrique? On peut résoudre cette question par l'expérience en mesurant le travail électrique développé par seconde par la machine primaire. Nous déterminons la différence de potentiels en volts aux bornes de la machine primaire et l'intensité en ampères. Le produit de ces deux nombres donne en volts-ampères le travail électrique développé, et comme un cheval-vapeur équivaut à 736 volts-ampères, il est facile de calculer dans quelle proportion la machine primaire a transformé l'énergie mécanique, qui lui a été fournie, en énergie électrique disponible sur son circuit extérieur. La perte de travail est considérable, une partie est absorbée par le frottement des organes mécaniques, une partie par l'échauffement des conducteurs intérieurs de la machine, et enfin une partie non moins importante par les actions secondaires qui s'exercent à l'extérieur de la machine. Ces dernières sont dues à l'aimantation continuelle des pièces de fer mobiles, aux courants d'induction qui se produisent en plus ou moins grande quantité dans toutes les parties métalliques de la machine, sans trouver d'écoulement dans le circuit extérieur, à la formation d'étincelles au contact des balais, à la fermeture des circuits particulaires par les balais, et à d'autres phénomènes secondaires encore mal étudiés.

L'énergie électrique ainsi diminuée de toutes ces pertes n'arrive cependant pas intégralement à la machine secondaire. Une nouvelle fraction est absorbée par l'échauffement du conducteur qui relie les deux machines; une autre perte est due au défaut d'isolement de ce conducteur, perte inévitable pour une longue conduite soumise aux influences atmosphériques.

Enfin la machine secondaire reçoit une portion aliquote de l'énergie mécanique totale transmise, sous forme d'énergie électrique, et cette quantité elle-même va produire l'échauffement des conducteurs intérieurs de la machine secondaire, dans la même proportion que dans la machine primaire, puisque ces machines sont identiques et que l'intensité du courant est la même, celle qui répond au système

général. Une nouvelle fraction sera absorbée encore par les mêmes phénomènes secondaires qui ont été cités pour la machine primaire, et une dernière enfin par la rotation de la machine secondaire et les frottements mécaniques qui en résultent.

Les causes de perte dans la transmission de l'énergie sont donc très complexes, surtout celles qui prennent place à l'intérieur des dynamos, et elles sont si peu étudiées et connues dans leurs détails qu'il n'a pas été possible jusqu'à présent de déterminer d'une façon suffisamment approchée le rapport du travail mécanique disponible sur l'arbre de la machine secondaire au travail mécanique transmis à l'arbre de la machine primaire. Les expériences dans lesquelles ces deux énergies mécaniques ont été déterminées au frein n'accusent guère plus de 50 pour 100 pour le travail récupéré.

Le but que l'on devra poursuivre dans toute installation de transport d'énergie, sera donc toujours de récupérer la plus grande fraction possible du travail transmis dans l'unité de temps. Mais le nombre de chevaux transmis croît avec la f. e. m. des machines en mouvement, comme avec l'intensité du courant développé. De grandes intensités exigent de faibles résistances et par suite de gros conducteurs pour ne pas entraîner trop de pertes. Mais comme le transport de l'énergie par l'électricité n'a de raison d'être que pour les grandes distances, il en résulte que des conducteurs de fortes dimensions sont très dispendieux. Si l'on veut se servir de conducteurs économiques, de fils télégraphiques par exemple, il faut réduire considérablement l'intensité et augmenter en conséquence la f. e. m. des machines, pour conserver une grande quantité d'énergie. On ne saurait construire des machines de f. e. m. considérable, c'est-à-dire offrant un grand nombre de spires, qu'en se résignant à de grandes résistances, à moins de donner aux machines des dimensions inacceptables; quant à la ligne qui relie les deux machines, il n'y a pas de doute qu'elle ne doive présenter une grande résistance elle-même. Les machines relatives au transport de l'énergie auront donc une f. e. m. considérable, une résistance intérieure très-grande, et tourneront à de grandes vitesses, tout en développant des courants de faible intensité. De grande f. e. m. exigent une isolation parfaite des conducteurs pour réduire au minimum les pertes par dérivation.

Pour de grandes distances on peut économiser la moitié des conducteurs en utilisant la conductibilité de la terre, mais il faut n'en donner que plus de soins aux isolateurs du fil unique.

Nous n'entrerons pas dans la recherche des avantages économiques qui résulteront de la solution de ce problème. Les applications de

cette branche de l'électricité sont trop diverses et trop nombreuses, aussi bien dans le domaine de la grande que de la petite industrie.

N. T.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 7 juillet 1884.

Sur la conductibilité électrique des dissolutions aqueuses très étendues[1]. Note de M. E. Bouty, présentée par M. Jamin. (Extrait.)

Les sels neutres en dissolution étendue forment, au point de vue de leur conductibilité électrique, un groupe absolument à part. J'ai étudié les dissolutions aqueuses de substances organiques appartenant aux groupes les plus variés :.

Alcool éthylique, glycérine, érythrite, phénol.
Glucose, sucre candi.
Aldéhyde éthylique, acétone.
Éther ordinaire, dichlorhydrine.
Acétamide, urée.
Albumine.

Toutes ces substances conduisent fort mal. Quelques-unes n'augmentent pas sensiblement la conductibilité de l'eau distillée commerciale, même à la dose de $\frac{1}{200}$ (érythrite, sucres, glycérine); celles qui conduisent le mieux résistent encore 50 à 200 fois plus que des sels neutres de même équivalent; peut-être ne doivent-elles cette conductibilité rudimentaire qu'à des traces d'acides et de sels (aldéhyde, acétamide).

Il était particulièrement intéressant d'étudier les alcalis et les acides. Voici les conclusions auxquelles j'ai été conduit :

Un alcali ou un acide anhydre n'est pas conducteur ; un alcali ou un acide hydraté conduit à la manière des sels. Mais un même alcali ou un même acide forme généralement avec l'eau plusieurs combinaisons définies. Il en résulte que la nature de l'électrolyte est susceptible de

[1] Voy. *Compt. rend.*, t. XCVIII, p. 140, 365, 737 et 908, 21 janv., 11 fév., 31 mars et 7 avril 1884.

changer avec la dilution et avec la température : la conductibilité éprouve des variations correspondantes.

Séance du 15 *juillet* 1884.

M. Xambeu adresse une note relative à un effet mécanique de la foudre, observé à Saintes le 3 juillet 1884, et à la déplorable habitude, qui s'est encore conservée dans certaines campagnes, de sonner les cloches pendant les orages. (Renvoi à la Commission des paratonnerres.)

M. Alf. Chevert, présente une Note sur la *Distribution du potentiel électrique dans une plaque rectangulaire, les électrodes occupant des positions quelconques.*

Sur la conductibilité électrique de l'eau distillée et de la glace. — Note de M. G. Foussereau, présentée par M. Jamin[1].

1. Je me suis proposé d'étudier la résistance électrique de l'eau par la méthode générale de M. Lippmann, et au moyen de l'appareil à quatre branches dont je m'étais servi précédemment dans l'étude des sels fondus[2]. La résistance d'une colonne d'eau était comparée avec une résistance connue formée d'un trait de graphite.

J'ai reconnu ainsi que des échantillons provenant de la même usine et préparés dans le même appareil à des jours différents présentent des écarts considérables. Les résistances spécifiques observées à la température 15 degrés ont été trouvées comprises entre 118 900 ohms et 712 500 ohms, c'est-à-dire ont varié dans le rapport de 1 à 6. Ces écarts peuvent être dus : 1° à la dissolution des substances empruntées aux parois des vases; 2° à la dissolution des matières contenues dans l'air; 3° à l'entraînement des matières dissoutes pendant la distillation.

Pour étudier la première de ces influences, j'ai laissé séjourner l'eau étudiée dans le tube de verre servant à l'expérience. J'ai reconnu ainsi qu'aux températures voisines de 15 degrés il se produisait une diminution de résistance à peu près insensible au bout d'une heure et atteignant $\frac{1}{30}$ de la valeur totale après vingt-quatre heures. Au-dessus de 30 degrés la dissolution des sels du verre devient beaucoup plus rapide. A 75 degrés, la résistance varie si vite que les mesures

[1] Ce travail a été fait au Laboratoire de recherches physiques de la Sorbonne.
[2] Voy. *Compt. rend.* du 26 mai 1884.

sont presque impossibles. De l'eau portée à cette température et ramenée rapidement à 15 degrés était devenue quatre fois plus conductrice.

J'ai reconnu aussi que de l'eau séjournant dans des vases de platine ouverts subit, grâce à la dissolution des éléments de l'air, une diminution lente de résistance. Ces variations devenaient très faibles quand le vase de platine était bouché.

Pour éliminer autant que possible ces causes perturbatrices, j'ai entrepris, sur le conseil de M. Debray, une série de distillations lentes dans des vases de platine. M. Clément, du laboratoire de l'École normale, a bien voulu faire pour moi ces opérations avec le plus grand soin. J'ai fait ainsi redistiller de l'eau en présence du permanganate de potasse, puis avec de la potasse, enfin avec de la chaux, pour arrêter les substances que l'eau pouvait contenir. J'ai obtenu des résultats variables compris entre les limites mentionnées plus haut. Il me paraît vraisemblable que des traces des matières ajoutées sont entraînées dans la distillation, car l'eau distillée seule, deux ou trois fois, est encore celle qui m'a fourni les plus grandes résistances, bien que je n'aie pas retrouvé la limite supérieure de 712 500 ohms déjà citée. Cette limite n'est sans doute qu'un minimum, puisque aucune substance connue ajoutée à l'eau en petite quantité n'en augmente la résistance.

2. En présence de ces résultats, il y avait lieu de rechercher si la présence de traces de matières acides ou salines, dans l'atmosphère des laboratoires, en contact avec l'eau pendant la distillation, ne pouvait pas expliquer le désaccord observé. J'ai ajouté des quantités connues et très faibles de chlorure de potassium à une eau distillée de résistance déterminée, et j'ai vu cette résistance varier de près de $\frac{1}{3}$ pour 1 millionième de cette substance, et devenir cinq fois plus petite pour 1 cent-millième. Ainsi, en supppsant l'eau parfaitement isolante, l'addition de quantités de ce sel atteignant 2 ou 3 millioniémes suffirait pour lui donner la conductibilité observée. Mais, d'après les expériences de M. Bouty, l'acide chlorhydrique conduit à peu près six fois plus que le chlorure de potassium à poids égaux. Il suffirait donc probablement d'une dose de cet acide égale à $\frac{1}{2}$ millionième pour produire le même effet. Les traces d'acides ou de sels, contenues dans l'atmosphère du laboratoire, peuvent donc expliquer les écarts observés. Ces écarts ne sont dus, sans doute, que pour une faible part à l'acide carbonique, qui, d'après les expériences de M. Bouty, est médiocrement conducteur. Enfin l'addition d'une quantité

notable de matières organiques ne diminue que très peu la résistance de l'eau.

Il y a lieu de penser que, si l'on parvient à se soustraire aux influences atmosphériques, l'observation de la résistance fournira un moyen délicat de contrôler la pureté de l'eau et d'observer les phénomènes chimiques lents qui se produiraient au sein des liquides.

3. J'ai étudié l'influence de la température sur la conductibilité de l'eau distillée. Cette étude n'est possible dans un tube de verre qu'aux basses températures, à cause de la dissolution du verre aux températures plus élevées.

On sait que la valeur du frottement intérieur de l'eau aux diverses températures varie, d'après Poiseuille, proportionnellement à une expression de la forme $1 + at + bt^2$.

M. Bouty a reconnu que le coefficient de variation de la résistance électrique pour les dissolutions salines étendues présente les mêmes termes $1 + at$; mais que le terme en t^2 est nul ou très petit. J'ai constaté que pour un même échantillon d'eau distillée, entre 0 et 21 degrés, le coefficient de variation de la résistance suit très exactement la formule entière de Poiseuille, c'est-à-dire qu'entre ces limites les résistances de l'eau distillée sont proportionnelles aux coefficients de frottement.

4. J'ai déterminé les résistances de la glace d'eau distillée en prenant pour électrodes deux lames de platine cylindriques et concentriques. J'ai trouvé ainsi que la résistance devient à peu près 15 000 fois plus grande au moment de la congélation. Les résistances spécifiques ont varié entre 4865 mégohms à — 1 degré et 53540 mégohms à — 17 degrés. J'ai constaté, d'autre part, que la résistance de la glace éprouve des variations correspondantes à celles de l'eau qui l'a fournie. Un échantillon d'eau de la ville, 65 fois plus conducteur que l'eau distillée précédente, a fourni une glace 30 à 40 fois plus conductrice.

M. Chevreul, à propos de la communication précédente de M. *Foussereau*, fait remarquer qu'il avait signalé, dès 1843, le fait de la dissolution progressive des alcalis des vases de verre, dans l'eau que l'on y conserve. Depuis longtemps on n'emploie, dans son laboratoire, que des vases de *verre vert*, pour conserver l'eau distillée ou les réactifs dans lesquels la présence de ces alcalis pourrait donner lieu à des causes d'erreurs.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 4 juillet 1884.

M. le Secrétaire général annonce l'envoi d'une Note de M. A. Gravier *Sur un perfectionnement des électro-aimants inducteurs dans les machines génératrices de force électromotrice.*

1° M. Gréhan fait fonctionner devant la Société l'appareil du docteur Calliburcès, construit par M. Duboscq, pour projeter les cils vibratiles.

Depuis la communication de M. Cabanellas du 17 novembre 1882, d'importantes expériences ont eu lieu, apportant leur contingent de preuves officiellement contrôlées, sur les divers points avancés par l'auteur à partir de 1879 dans ses publications spéciales aux machines dynamo et au transport électrique.

M. Cabanellas consacre la fin de la séance au développement de ces preuves.

CORRESPONDANCE

Réponse a la note de M. Cabanellas : *Sur l'utilisation spécifique maxima du poids de cuivre des machines dynamo-électriques*, par MM. A. Damoiseau et G. Petipont.

Dans une note analysée par M. Jamin à l'Institut et insérée dans la Revue scientifique du 5 juillet dernier, M. Cabanellas, s'attachant à un détail de construction indiqué par nous, déclare que le principe de la machine que nous avons décrite récemment[1] consiste simplement dans la suppression de l'épanouissement polaire de la machine Gramme.

Sans nous attacher à montrer comment le perfectionnement que propose M. Cabanellas à la machine de M. Solignac, et qui consisterait à y ajouter N paires d'électro-aimants, aurait pour résultat d'accroître le poids de la machine presque proportionnellement à N sans accroître dans la même proportion le travail disponible, l'échauffement du fil induit s'opposant à cette utilisation hypothétique, nous dirons que les chiffres cités par nous démontrent nettement l'efficacité particulière du dispositif à trois balais, puisque ce dispositif seul permet d'obtenir, à intensité égale, à vitesse linéaire égale[2]

[1] *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, séance du 9 juin 1884, et l'*Électricien* du 1er juillet 1883, n° 78, p. 44.

[2] Afin de permettre à M. Cabanellas de comparer nos chiffres avec ceux relatifs

et à champ magnétique égal dans une longueur déterminée de fil soumis à l'induction une force électromotrice plus élevée d'un tiers que dans les machines usuelles.

M. Cabanellas a publié qu'à la suite d'expériences nombreuses, on a considéré le chiffre de 100 watts comme représentant le travail maximum que fournit la machine Gramme par kilogramme de fil enroulé. M. Cabanellas avance dans sa note que la puissance de 200 watts de travail extérieur par kilogramme de fil enroulé avec un rendement électrique de 0,763, signalée par nous, tient uniquement à la vitesse et à la puissance de l'électro. Nous avons dit ce qui était de la force motrice à vitesse linéaire égale. Quant à l'électro, les 18 kilogrammes de cuivre qu'il renferme ne représentent guère que les deux tiers du poids de cuivre contenu dans l'électro de la machine Gramme type d'atelier. Il ne reste donc rien des arguments de M. Cabanellas.

FAITS DIVERS

L'Exposition d'Anvers en 1885. — Voici quelques détails qui nous sont fournis sur cette Exposition par le *Mouvement industriel belge.*

L'Exposition s'ouvrira le 2 mai 1885; elle durera cinq mois. Elle sera établie sur un espace de 22 hectares dans lequel les constructions en fer couvriront 77 000 mètres carrés. Les produits seront rangés en cinq sections; l'électricité occupe une section entière dont le Comité est déjà nommé.

Son président est M. Rousseau, professeur à l'Université de Bruxelles; les vice-présidents sont : MM. Delarge, ingénieur des télégraphes; Melsens, de l'Académie des sciences; Somzée, ingénieur.

Les membres, au nombre de vingt, y compris le secrétaire, M. L. Gody, capitaine commandant d'artillerie, sont : MM. Banneux, Barlet, Collard, Courtois, de Cazenave, Flamache, Gérard, Jaspar, L'Hoest, Mourlon, Nothomb, Van Gend, Van Heurck, Van Rysselberghe, Waffelaer, Weissenbruck, Wibaux, tous ingénieurs, officiers, professeurs, appartenant à l'administration des télégraphes, au génie civil, à la construction.

Le comité est divisé en quatre sous-sections, comprenant : la 1re, présidée par M. Rousseau, l'enseignement de la science électrique et les applications scientifiques; la 2e, présidée par M. Delarge, la transmission des signaux et de la parole; la 3e, présidée par M. Somzée, la production des courants et l'éclairage; la 4e, présidée par M. Melsens, la mécanique générale, les conducteurs, les applications des courants.

L'établissement d'un chemin de fer électrique est déjà mis à l'étude; des expériences de navigation seront faites sur l'Escaut; des auditions téléphoniques entre Anvers, Gand, Liège, Verviers, Bruxelles, seront installées.

aux machines usuelles, nous donnerons les indications suivantes : Diamètre extérieur du noyau de l'induit : 0m,300; diamètre intérieur : 0m,180; épaisseur : 0m,015. Le diamètre moyen est donc plutôt inférieur à 0m,240.

L'Équivalent électro-chimique de l'argent. — Le chiffre trouvé par M. Mascart, à l'aide d'un électro-dynamomètre-balance, comme représentant l'équivalent électro-chimique de l'argent, c'est-à-dire le poids dissous ou déposé par une unité C. G. S de quantité d'électricité présentait un écart assez sensible avec celui donné par lord Rayleigh.

L'accord du chiffre donné par lord Rayleigh avec celui de MM. F. et W. Kohlrausch, a conduit M. Mascart à vérifier si ses corrections étaient exactes. Il résulte de cette vérification que les chiffres donnés par M. Mascart doivent subir une modification qui les rapproche de ceux trouvés par les expérimentateurs anglais et allemands.

Les chiffres exacts donnés par ces trois expérimentateurs sont résumés dans le tableau suivant. Ils se rapportent au poids d'argent réduit ou dissous ou d'eau décomposée, exprimée en milligrammes par un coulomb d'électricité, ou un courant d'un ampère pendant une seconde.

	Argent.	Eau.
	—	—
D'après Kohlrausch.	1,1183	0,09325
— Rayleigh	1,118	0,09323
— Mascart	1,1156	0,09305

Les différences ne portent, on le voit, que sur les millièmes ; elles son donc tout à fait négligeables en pratique.

Il résulte de ces déterminations et de la nouvelle valeur attribuée à l'ohm légal que la force électromotrice de l'étalon Latimer-Clark n'est que de 1,434 volt légal.

—

La purification du zinc arsénifère. — Tous les zincs du commerce renferment de l'arsenic en plus ou moins grande quantité. Certains échantillons ont donné à M. L'Hote jusqu'à 36 milligrammes par kilogramme. Voici, dans une note présentée récemment à l'Académie des sciences par M. Péligot, le procédé indiqué par M. L'Hote pour éliminer rapidement l'arsenic :

« Pour purifier le zinc, on le chauffe habituellement avec de l'azotate de potasse, puis on le distille. Ce traitement est assez long et fournit un zinc qui s'attaque très difficilement.

« On arrive à éliminer rapidement l'arsenic en projetant dans le zinc fondu 1 à 1 1/2 pour 100 de chlorure de magnésium anhydre. En agitant, il se dégage de la masse des fumées blanches de chlorure de zinc entraînant l'arsenic. Le métal projeté dans l'eau froide donne des grenailles complètement exemptes d'arsenic et facilement attaquables par l'acide sulfurique au 1/10.

« J'ai vérifié que ce procédé est également applicable à la purification du zinc contenant de l'antimoine. Par le traitement au chlorure de magnésium anhydre l'antimoine est volatilisé à l'état de chlorure.

« L'antimoine existe rarement dans le zinc du commerce; les échantillons que j'ai examinés étaient purs de ce métal. »

SOUDURE DE L'ALUMINIUM. — Voici un procédé de soudure de l'aluminium dû à M. Bourbouze, et récemment présenté à l'Académie des sciences par M. Debray, qui sera particulièrement apprécié des électriciens de profession.

« L'aluminium était jusqu'à présent d'un usage assez limité, par suite de l'impossibilité de le souder à lui-même, ainsi qu'à d'autres métaux.

« On peut actuellement, à l'aide du procédé que j'ai l'honneur de faire connaître à l'Académie, effectuer facilement et couramment ces différentes opérations. Ce procédé consiste à faire subir aux parties des différentes pièces que l'on veut réunir l'opération ordinaire de l'étamage ; seulement, au lieu d'employer l'étain pur, on devra faire cette opération avec des alliages tels qu'étain et zinc, ou bien étain, bismuth et aluminium, etc. On arrive à de bons résultats avec tous ces alliages ; mais ceux auxquels on doit donner la préférence sont ceux d'étain et d'aluminium. Ils devront être préparés en différentes proportions, suivant le travail que l'on devra faire subir aux pièces à souder. Pour celles qui devront être façonnées après soudure, on devra prendre un alliage composé de 45 parties d'étain et 10 d'aluminium. Ce dernier est suffisamment malléable pour résister au martelage. Les pièces ainsi soudées peuvent être emmandrinées et tournées. On peut s'assurer, en examinant la soudure du tube qui fait partie de nos échantillons, qu'elle a parfaitement résisté à cette épreuve. Il en est de même de l'anneau qui a été martelé et tourné. Les pièces qui n'auront à subir aucun travail après le soudage peuvent, quel que soit le métal à souder à l'aluminium, être solidement réunies avec la soudure tendre d'étain contenant moins d'aluminium. Cette dernière soudure peut être appliquée avec un fer à souder, en opérant comme on opère pour souder le fer-blanc ou bien encore dans une flamme.

« L'une comme l'autre de ces soudures n'exige aucune préparation préalable des pièces ; il suffit d'appliquer la soudure, de l'étendre à l'aide du fer à souder sur les parties qui devront être réunies.

« Enfin, quand on veut souder certains métaux avec l'aluminium, il est bien d'étamer la partie à souder du métal avec l'étain pur. Il suffit alors d'appliquer sur cette partie l'aluminium étamé avec l'alliage et de terminer l'opération à la manière ordinaire. »

—

TRANSMISSION DE MOUVEMENT PAR CORDES EN BOYAU[1] SOUDÉES. — Il devient de plus en plus difficile de se procurer de bonnes courroies pour transmettre le mouvement aux machines dynamo-électriques, à cause de la rareté toujours croissante du cuir, et par suite de son prix de plus en plus élevé. Les peaux les mieux préparées présentent toujours, dans des points même très-rapprochés, de grandes différences de résistance, le plat de la courroie s'allonge plus d'un côté que de l'autre, elle se déforme, et il arrive que, à certaines vitesses, la courroie s'anime d'un mouvement de lacet transversal énergique qui la fait tomber des poulies, même quand elles sont munies de joues.

[1] Et non pas *cordes à boyau*, comme on l'écrit encore trop souvent.

Les courroies en caoutchouc et celles en toile de coton, étant d'une homogénéité parfaite, fonctionnent très régulièrement et ne prennent jamais de mouvement de lacet; mais elles ont le défaut d'être trop épaisses et trop lourdes, ce qui exclut leur emploi dans tous les appareils à grande vitesse.

Les imperfections que nous venons de signaler sont surtout nuisibles quand la courroie actionne une dynamo; les joints trop épais ou trop rigides, les inégalités d'extensibilité des différentes parties dont elle est composée, produisent des variations brusques de vitesse qui influent sur l'éclairage au point de le rendre insupportable, quand elles n'amènent pas l'extinction complète, par suite de la chute de la courroie [1].

En outre du glissement causé par une trop faible tension des brins, inconvénient auquel il est facile de remédier en augmentant la pression du rouleau tendeur sur le brin lâche, en écartant les arbres des poulies, ou en raccourcissant la courroie, il y a aussi à considérer le glissement dû à l'élasticité de la courroie, glissement qui dépend de la nature même de la courroie, et auquel on ne peut remédier, car il est complètement indépendant du degré de tension de cette courroie.

Ce glissement est proportionnel à l'allongement de la courroie sous un effort donné; plus la courroie sera forte, moindre sera cet allongement, et moindre sera aussi le glissement dû à l'élasticité. Les nouvelles cordes et courroies en boyau, bien que n'étant pas absolument exemptes des mêmes inconvénients, les présentent cependant à un degré bien moindre, car elles sont à la fois beaucoup plus régulières, légères, inextensibles, et par cela même permettent d'atteindre sans difficulté des vitesses excessivement grandes avec une perte de travail relativement très petite.

Voici les intéressants détails fournis sur la question par un ingénieur aussi habile que modeste, M. J. Raffard, dans le *Bulletin technologique des écoles nationales d'Arts et Métiers*.

La fabrication des cordes en boyau est très ancienne en France, et ses produits sont connus et même très recherchés à l'étranger. Déjà, en 1822, la Société d'encouragement récompensait le mémoire de M. Labarraque sur des perfectionnements apportés dans cette industrie. D'après les expériences relatées dans ce mémoire, les cordes minces en boyaux de mouton peuvent, avant de se rompre, supporter, pendant cinq minutes, $20^{\text{kgr}},400$ par millimètre carré de section, c'est-à-dire qu'elles possèdent une résistance presque égale au tiers de celle du fil de fer, et comme leur densité n'est guère que le sixième de celle de ce métal, il s'ensuit qu'à égalité de résistance la corde en boyau est deux fois moins lourde que la corde de fer; comme organe de transmission ordinaire, elle a encore sur celle-ci l'avantage d'être beaucoup plus flexible et plus durable.

Mais, pour que la corde en boyau puisse donner tous les bons résultats dont elle est susceptible, il est indispensable qu'elle soit d'une seule pièce, c'est-à-dire que ses extrémités aient été soudées pendant la fabrication. Les crochets

[1] Les secousses, les changements brusques de vitesse, les mouvements de lacet de la courroie, font que, souvent, l'armature tournante ou la poulie se décalent de dessus l'arbre de la dynamo.

à douille taraudée, que l'on emploie habituellement pour réunir les bouts de la corde des petits tours, sont très commodes, mais ils n'offrent qu'une solidité insuffisante, car ils s'arrachent toujours sous un effort vingt fois moindre que celui que la corde pourrait supporter.

Il y a bientôt dix ans, lorsque M. Raffard fit la première application de son système de transmission équilibrée du dernier mobile par corde sans fin ; il craignait qu'il ne fût impossible de se procurer des cordes en boyau d'un diamètre uniforme, et dont l'épissure ne laissât rien à désirer ; mais, grâce à la maison Collet, toute difficulté fut bientôt vaincue, et, depuis lors, sur un millier de cordes soudées que cette fabrique a livrées, aucune n'a encore cédé à l'endroit de l'épissure. C'est à la grande uniformité de grosseur et de résistance de ces cordes en boyau que doit son succès l'élégant mécanisme maintenant bien connu dans lequel une mince corde soudée transmet le mouvement d'une roue à pédale à l'anneau d'une petite machine magnéto-électrique. Ce mécanisme, imaginé en 1875, figura, pour la première fois, à l'Exposition internationale d'appareils scientifiques qui eut lieu en 1876 au Musée de Kensington, et il y fut tant remarqué, que, bientôt après, toutes les universités le possédaient.

Depuis lors, les avantages que présente la corde en boyau soudée n'ont pas cessé d'attirer l'attention des mécaniciens de tous les pays. A Londres, M. Reckenzaun l'a employée avec plein succès pour transmettre à des dynamos Siemens le mouvement de puissantes machines à gaz. Dans l'une de ces applications, un travail de huit chevaux est transmis par deux cordes en boyau soudées de neuf millimètres de diamètre. Les Américains, nos maîtres en fait de transmission par courroies, après avoir presque abandonné la courroie de cuir pour adopter celle en caoutchouc qu'ils fabriquent si bien, commencent aujourd'hui cependant à nous imiter dans l'emploi des cordes en boyau ; et la demande pour ces cordes est telle qu'une grande usine vient d'être fondée en Californie pour cette fabrication. En outre de ces cordes rondes et lisses, comme celles que nous employons, ils en font aussi à plusieurs torons, et même de plates pour remplacer les anciennes courroies et fonctionner sur les mêmes poulies : ces courroies sont faites avec de petites cordes en boyau tissées sur un métier à faire les sangles.

Enfin, un grand nombre de nos constructeurs, surtout ceux qui font la petite mécanique de précision, emploient aussi de très bonnes dispositions pour transmettre à l'outil le mouvement très rapide, et exempt de vibrations, au moyen de cordes en boyau soudées de 3 millimètres de diamètre. Ces praticiens trouvent, avec raison, que cette corde, si légère, si durable, presque inextensible, se prêtant si bien à tous les changements de direction des mouvements, même avec débrayage par poulie fixe et folle, leur offre un moyen de réaliser toutes les combinaisons imaginables des transmissions; aussi y a-t-il tout lieu de croire que l'emploi de la corde en boyau soudée se répandra de plus en plus.

Voici quelques indications données par M. Raffard, qui, pourront guider dans l'établissement des transmissions par cordes en boyau soudées :

1° Afin de réduire au minimum l'effort à transmettre, on emploiera des

poulies à gorge du plus grand diamètre possible, sans toutefois dépasser la vitesse linéaire de 30 mètres par seconde.

2° Afin que la flexion de la corde ne soit pas trop grande, le diamètre de la plus petite des poulies sur lesquelles elle fonctionne ne devra pas être inférieur au produit du carré du diamètre de la corde en millimètres par le nombre de 3,5. Ainsi, pour une corde de 3,25 millimètres de diamètre, le diamètre de la plus petite poulie ne devra pas être inférieur à 37 millimètres. Si la corde qui actionne une dynamo a 10 millimètres de diamètre, la poulie de cette machine aura au moins 350 millimètres de diamètre.

3° Afin de réduire autant que possible la tension nécessaire pour produire l'entraînement des poulies, on fera le V de la gorge de ces poulies d'autant plus aigu que l'arc embrassé par la corde sera moindre; cet angle variera de 75 à 45 degrés. Et pour que la corde fasse un long usage, on devra la faire travailler au-dessous de 3 kilogrammes par millimètre carré de section.

4° Afin de pouvoir régler la tension de la corde au degré voulu, même pendant le fonctionnement, on fera en sorte que l'un des axes des poulies puisse être éloigné de l'autre, au moyen de vis; ce déplacement des axes ne sera jamais que de quelques centimètres, car les cordes en boyau ne s'allongent que fort peu. Dans les transmissions très légères, et aussi lorsque l'une des poulies aura à suivre les déplacements de l'outil qu'elle commande, on tendra la corde au moyen d'une poulie dont la chape portera un poids que l'on réglera afin de ne produire que la tension justement nécessaire à l'entraînement de l'outil. La gorge de la poulie de tension sera ronde dans le fond, contrairement à celle des poulies d'entraînement, qui doit être toujours angulaire.

5° Enfin, quand on mettra en place une corde en boyau soudée qui n'a pas encore travaillé, il faudra prendre toutes les précautions possibles pour ne pas la détériorer; on veillera surtout à ce qu'il ne se produise aucune coque sur la corde, et, s'il s'en produisait, il faudrait bien se garder de la tendre dans cet état, car on la casserait; il faut alors la démonter, et redresser la coque en détordant un peu, puis retordre la corde en cet endroit pour que la coque ne s'y reproduise plus. Une fois la corde en place, on fera tourner très lentement pendant quelques minutes, et ce n'est qu'après s'être assuré que tout va bien que l'on mettra en route. Il faut bien se persuader que la durée des cordes en boyau, qui est très grande, dépend surtout des soins qu'on leur aura donnés pendant les premiers instants de leur fonctionnement. Après quelques jours de marche, elles deviendront très souples et ne s'allongeront plus.

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9813. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

NOTE SUR L'APPLICATION DE L'ÉLECTRICITÉ

A

L'APPAREIL STÉNOGRAPHIQUE MICHELA

(2e ARTICLE, *suite et fin.*)

Le nouvel appareil, dit sténotélégraphique, permet de transmettre à distance, avec la même vitesse que la parole et quelle que soit la langue parlée, le langage humain qui, jusqu'ici, n'était recueilli que dans l'enceinte où il était émis; il permet en outre d'expédier les dépêches télégraphiques, enregistrées au départ jusqu'à ce jour, à l'aide d'appareils ne comportant que des vitesses relativement faibles.

Cet appareil, qui répond évidemment à l'un des besoins les plus urgents de notre temps, présente, dans son ensemble, la disposition indiquée en élévation et en plan figures 6 et 7. Le transmetteur est formé du clavier de l'appareil Michela entièrement séparé du mécanisme d'impression auquel il se trouve relié électriquement. En d'autres termes, les deux parties essentielles du mécanisme sont: l'une à la station de transmission T, l'autre à la station de réception R.

Chaque touche K, du clavier transmetteur ferme, quand on l'abaisse, un circuit qui transmet, par l'intermédiaire d'un câble V, un signal enregistré à la station de réception par le poinçon F correspondant à la touche abaissée. Ce poinçon est mû par un électro-aimant L actionné soit directement par le courant de ligne, soit par un courant local, au moyen d'un relais S.

L'avancement du papier est également obtenu au moyen d'un électro-aimant spécial A placé dans un circuit local fermé par l'action de n'importe lequel des poinçons.

Le clavier se composant de vingt touches, la ligne comprend également vingt fils conducteurs isolés les uns des autres, avec

[1] Voir l'*Électricien* du 1er août 1884, n° 80, page 97.

retour du courant par la terre, ou vingt et un fils en employant le vingt et unième comme fil de retour.

La disposition, adoptée pour le mécanisme d'impression, est représentée figures 8 et 9. Les électro-aimants L agissent directement sur les poinçons au moyen d'encoches pratiquées dans ceux-ci et dans lesquelles pénètrent les armatures *a* de ces électros. Le courant, après avoir passé dans les électros dont les touches correspondantes ont été abaissées, passe ensuite dans l'électro A d'avancement du papier ou dans un relais spécial. L'armature *b*, de l'électro A, étant attirée, actionne une roue à rochet B qui met en mouvement la bande de papier N et fait avancer cette

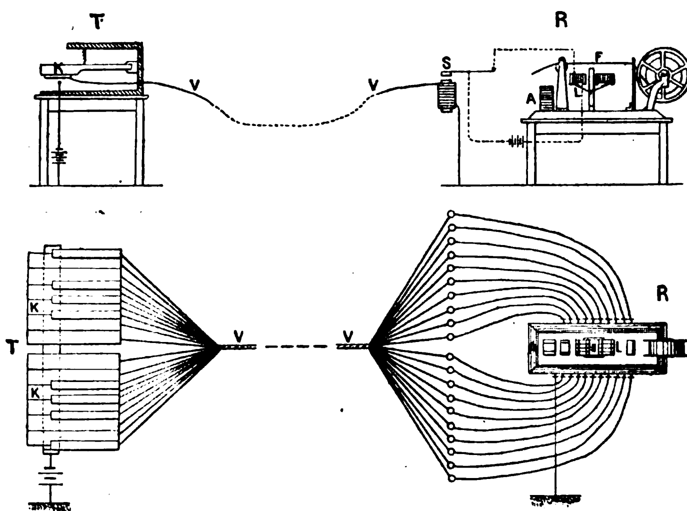


Fig. 6 et 7. — Vues d'ensemble. Élévation et plan.

dernière de la distance voulue. Ce mouvement, réduit en amplitude d'une façon convenable au moyen d'une vis sans fin C et d'une roue D, agit aussi sur un ruban encreur M qui avance également mais d'une quantité bien moindre. Ce ruban se déroule donc lentement du tambour E, entre le rouleau de papier H et les électros d'impression LL ; il passe au-dessus des poinçons F qui, en s'élevant, viennent le projeter contre la bande ; il s'en va enfin au cylindre moteur G, actionné comme il vient d'être dit, l'attire et l'enroule.

Comme les poinçons, au nombre de vingt, sont rapprochés autant que possible les uns des autres, afin de réduire la largeur de la bande de papier, les électros L ont été disposés de chaque côté de l'axe de ces poinçons, et mis par série de trois ou quatre, en étage les uns au-dessus des autres, afin de réduire autant que possible le volume de l'appareil.

La bande de papier N, en se déroulant du tambour H sur

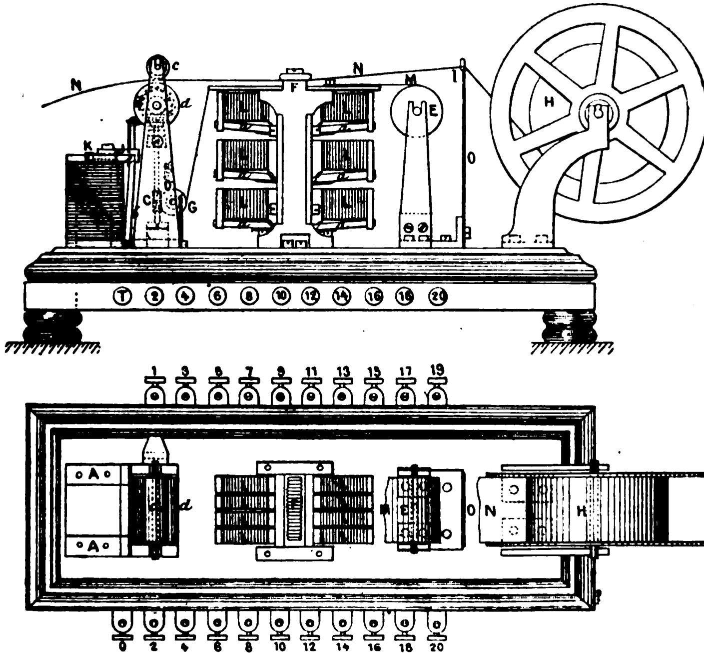


Fig. 8 et 9. — Élévation et plan du récepteur.

lequel elle est emmagasinée, passe d'abord, à frottement doux, dans un guide de serrage I, disposé au-dessus d'une lame de ressort O ayant pour objet d'atténuer les mouvements brusques de l'armature *b* de l'électro A.. Ces mouvements, s'ils n'étaient pas atténués, auraient pour effet de communiquer une impulsion au rouleau H dont l'inertie ferait alors dérouler une longueur de papier plus considérable que celle nécessaire. Les presseurs *c* et *d*, qui produisent l'avancement, seraient à leur tour entraînés

par leur mouvement d'inertie et attireraient plus de papier qu'il n'en faut.

L'électro A, d'avancement du papier, est double; il est muni d'un ressort dont on peut faire varier la tension à l'aide de la vis de réglage K et qui sert à rappeler l'armature après chaque attraction.

Les électros L ne sont pas pourvus de ressorts de cette nature. Le poids même de l'armature *a* et celui du poinçon F qu'elle supporte sont suffisants pour la faire retomber quand le courant cesse de passer dans le fil de la bobine correspondante.

Les électros employés sont d'un type spécial. Chaque armature, montée à charnière sur l'un des pôles, est attirée par l'autre. L'extrémité normalement éloignée de cette armature se trouve donc polarisée par le pôle autour duquel elle tourne et aussi par l'influence du pôle d'attraction; on obtient ainsi une force relativement plus grande avec plus de course sous un volume moindre.

Les fils qui relient les électros du récepteur aux touches du transmetteur sont fixés aux bornes représentées sur les dessins. Il y a dix de ces bornes de chaque côté de l'appareil. La borne supplémentaire T sert à faire la connexion du fil de retour.

Dans le but d'empêcher le mouvement brusque communiqué, par les électros L, aux poinçons, la course de ceux-ci est un peu plus grande que celle des armatures de ces électros. C'est-à-dire que, une fois l'armature arrivée à fond de course, le poinçon, par sa vitesse acquise, peut continuer à se mouvoir jusqu'à ce qu'il vienne frapper sur le ruban encreur, relever celui-ci et produire l'impression sur la bande de papier. Cette disposition présente de sérieux avantages quant à la durée des appareils, à la netteté de l'impression, enfin à leur bon fonctionnement.

Avec une semblable disposition du mécanisme exécuté par M. Carpentier, on voit que chaque touche peut être considérée comme un véritable Morse. Le clavier peut donc être assimilé à vingt télégraphes Morse qui, combinés entre eux suivant la méthode sténographique, donnent une vitesse de manipulation bien supérieure à celle de tous les télégraphes connus. Nous résumons à cet effet dans le tableau ci-dessous le rendement moyen des principaux télégraphes en usage.

	Mots.
Morse simple (25 dépêches de 20 mots à l'heure)	500
Hughes (60 id.)	1 200
Meyer, par clavier (25 id.)	500
Baudot, par clavier (40 id.)	800
Wheatstone (90 id.)	1 800
Miroir simple (30 id.)	600
Gray (lecture au son)	700
Appareil sténotélégraphique simple, par clavier	10 000

Les appareils sténotélégraphiques en dehors d'un rendement cinq ou six fois plus considérable que le télégraphe le plus rapide connu, nécessitent un personnel peu nombreux; ils sont robustes et économiques comme construction et entretien. La seule difficulté, et ce n'en est pas une en réalité, c'est la dépense d'achat et de pose du câble.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, ce câble, avec l'appareil que nous avons vu fonctionner, comporte 21 fils. Comme l'appareil permet de transmettre 10 000 mots à l'heure, soit 100 000 mots pour une journée de dix heures, il est facile de voir que les recettes d'une année couvrent à peu près le prix d'achat d'un câble de 400 kilomètres de longueur qui relierait, par exemple, Paris à Bruxelles.

Or, en appliquant aux appareils les principes de la télégraphie multiple, le nombre de fils peut être réduit de près de moitié. En effet, il est évident que le clavier peut être assimilé à une réunion d'appareils de transmission pouvant, à l'instar des appareils multiples actuels, envoyer, par le même fil, des signaux presque simultanés.

On peut d'ailleurs observer que, d'après le code Michela, un certain nombre de touches du clavier ne sont jamais susceptibles d'être abaissées en même temps. En employant des relais polarisés, n'obéissant qu'à des courants ayant une direction définie, et en disposant les connexions de la batterie de transmission d'une manière convenable, on peut envoyer des courants positifs par certaines touches et des courants négatifs par d'autres.

Si donc deux touches, n'entrant entre elles dans aucune combinaison, émettent des courants de sens contraires, on peut utiliser le même conducteur pour transmettre les signaux à condition d'avoir, à la station de réception, des relais polarisés commandés

l'un par le courant positif, l'autre par le courant négatif. Ces relais fermeront, à leur tour, le circuit local du poinçon correspondant à la touche frappée au départ.

Cette disposition permet de réduire à douze au lieu de vingt le nombre des fils conducteurs de la ligne. En employant un fil de retour, il faudrait donc treize conducteurs au lieu de vingt et un, et la dépense du câble se trouverait réduite dans une proportion équivalente.

Nous n'insisterons pas d'ailleurs sur ces considérations qui sont plutôt du domaine de la partie spécialement financière de cette invention.

Comme applications, nous citerons seulement les suivantes :

Pour la sténographie, les appareils sténotélégraphiques peuvent avantageusement trouver place dans les parlements pour le compte rendu des séances. A la commande d'un clavier placé dans la salle, les bandes imprimées pourront être déroulées sur tous les points que l'on désirera.

Pour le service parlementaire de la presse, ces machines offrent des avantages précieux : un clavier placé dans la tribune des journalistes peut faire dérouler les bandes, simultanément, dans les imprimeries des journaux où des compositeurs exercés, en utilisant ces bandes comme manuscrits, composeront le compte rendu d'une séance au cours même de cette séance.

Enfin nous avons parlé, plus haut, des avantages que peuvent présenter les appareils sténotélégraphiques, pour la transmission des dépêches.

L. Chenut.

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ

A L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER

AVERTISSEURS ÉLECTRIQUES A CONTACTS DE CHARBON

Les appareils, proposés et essayés pour résoudre le problème devant servir à établir ou à rompre un contact électrique au passage d'un train, ont montré les difficultés pratiques de

l'installation, bien que, à première vue, les moyens semblassent des plus faciles. Cette question si importante, non seulement pour les avertisseurs électriques et pour les appareils de mesure des vitesses des trains, mais surtout comme partie intégrante du block-system, qu'il soit automatique ou non, a été étudiée sous ses différentes faces sur les lignes de la Compagnie de l'exploitation des chemins de fer de l'État néerlandais.

Les premiers contacts installés et destinés à enregistrer les vitesses des trains sur les grands ponts, étaient établis au moyen de pédales que les roues faisaient directement mouvoir.

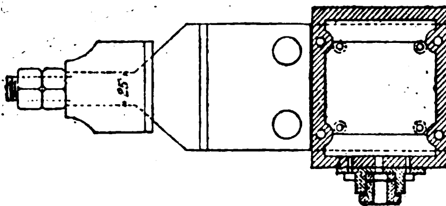


Fig. 1.

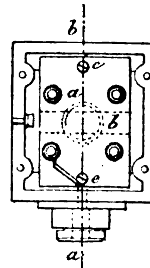


Fig. 2.

La pédale, fixée sur un axe horizontal perpendiculaire au rail, s'abaissait sous la pression des roues; l'axe tournait et donnait par l'intermédiaire d'un levier un mouvement de va-et-vient à une tige verticale; cette tige mettait en contact deux ressorts en cuivre isolés, qui établissaient ainsi un courant électrique fourni par une pile de ligne.

La pédale était relevée par un ressort antagoniste, et cet organe ainsi attaqué par le passage de chaque roue était dérangé en peu de temps, de plus la pédale elle-même, quoique construite en acier, était mise hors de service dans un bref délai.

Pour éviter les chocs, des contacts à flexion du rail étaient installés; ceux-ci se composaient d'un levier, dont le petit bras était au-dessous du rail, l'axe reposait dans un coussinet monté sur une barre en fer entre deux traverses. Le grand bras transmettait son mouvement à un autre levier, à bras inégal et établissait ainsi le contact.

Ces appareils fonctionnaient bien, mais ils présentaient le grave inconvénient, que le déplacement des traverses les dérangeait chaque fois; en construisant un appareil indépendant de ces organes, le résultat obtenu était insuffisant et cela parce que le mouvement du levier, établi dans ces premiers appareils, résultait plus de la compression du bois que de la flexion du rail.

Les appareils de contact à mercure, système Wiesenthal, ne donnaient pas non plus de meilleur résultat, car le mercure s'oxydait par les étincelles produites à chaque rupture du courant.

En se basant sur un principe tout différent, l'inspection des télégraphes de la Compagnie a introduit un appareil utilisant les trépidations du rail si gênantes dans les autres systèmes.

La disposition des figures 1, 2, 3, 4, représente une boîte en fonte, montée sur une plaque en tôle, attachée au rail par un

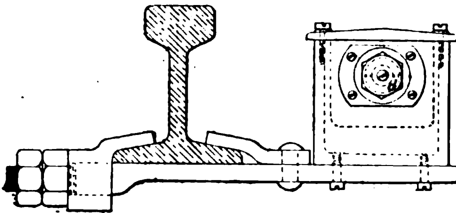


Fig. 3

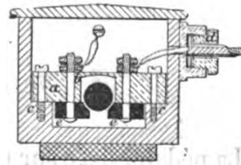


Fig. 4.

boulon; dans la boîte est fixée par les vis *c* une pièce d'ébonite *a*, au milieu de laquelle un cylindre *b* est creusé, au-dessous duquel un fil de cuivre est tendu entre deux vis.

Deux pièces de charbon *e* sont montées au-dessous de la pièce *a* à une distance de 1 centimètre l'une de l'autre.

Une bille en charbon repose sur les deux charbons dans le cylindre *b*.

Le fil isolé d'un câble, introduit dans la boîte par une ouverture ménagée dans la vis *d* est relié à l'une des pièces de charbon, l'autre est mis en contact avec la boîte réunie à la terre par la couverture du câble. Dans les appareils qui sont intercalés dans le circuit deux vis *d* sont employées; la seconde pièce de charbon n'est plus reliée à la terre, mais au second fil isolé.

Une pile fournit un courant permanent, allant de terre à terre par le contact du charbon, de sorte que le contact rompu, le courant ne trouvant plus la terre cesse de circuler.

Un train passant et faisant osciller la boulette par les trépidations du rail, cause ces ruptures de courant enregistrées sur un récepteur Morse, dont la bande de papier avance, par l'intermédiaire d'un pendule, exactement de 5 centimètres par minute.

L'armature est placée au-dessous des bobines de telle sorte que l'attraction de l'électro la soulève. Le courant cessant, et l'armature obéissant à un ressort antagoniste met en contact la roulette à sucre et la bande de papier.

Le signe donné par les trains rapides est une ligne continue, et par les trains marchant à vitesse médiocre, une série de points.

La figure 5 donne l'ensemble de l'installation. La longueur

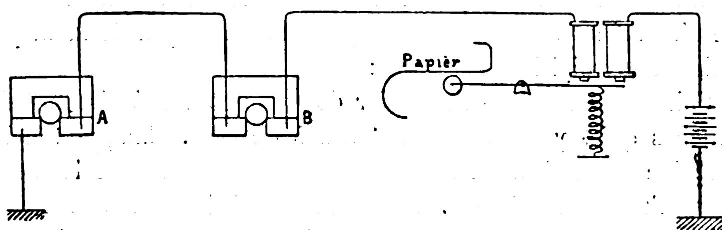


Fig. 5.

du papier écoulée entre le commencement des signes, indiquant le passage du train à A et à B, donne la durée du temps employé à parcourir la distance connue AB et par conséquent la vitesse moyenne du train entre ces deux points.

Il est à remarquer que par suite de crevasses fréquentes du charbon de cornue, l'emploi de charbon artificiel est préférable.

L. Dufour.
Ingénieur à Utrecht.

CHARGEMENT CONTINU

D'ACCUMULATEURS GROUPÉS EN TENSION

PAR UNE SOURCE DE FORCE ÉLECTROMOTRICE MOINDRE

La disposition suivante permet d'effectuer le chargement d'une série d'accumulateurs en tension au moyen d'une force électromotrice qui peut ne pas dépasser celle suffisante pour charger un seul accumulateur.

Ce moyen consiste en principe à prendre les deux pôles du générateur primaire et à les porter successivement quelques instants sur les deux pôles de chaque accumulateur en répétant continuellement cette opération à tour de rôle sur chacun d'eux. Ce résultat sera obtenu mécaniquement au moyen de la disposition dont voici la description :

Soit une sorte de petit clavier de piano composé d'autant de touches qu'il y a d'accumulateurs à charger. Chaque touche sert de support à deux fils isolés communiquant avec les deux pôles d'un accumulateur. L'autre extrémité de ces fils se trouve mise en contact, quand la touche s'abaisse, avec deux bandes métalliques isolées régnant sous la longueur du clavier et communiquant chacune avec l'un des deux pôles du générateur primaire.

L'abaissement d'une touche a donc pour effet de relier un accumulateur au générateur.

Un cylindre analogue à celui d'un orgue de Barberi est disposé au-dessus du clavier et abaisse successivement dans sa rotation chacune des touches au moyen de saillies fixées sur son contour. Ces saillies (en même nombre que les touches) sont disposées suivant une ligne hélicoïdale en sorte que, quand la dernière saillie, à un bout du cylindre, quitte la dernière touche, la première saillie à l'autre bout recommence à abaisser la première.

Ce cylindre reçoit son mouvement de rotation d'un rouage quelconque mû par un poids ou par un ressort.

Si l'onsuppose que l'appareil contienne 10 touches et que le cylindre fasse une révolution en cinq minutes, et si l'on admet d'autre part qu'il n'y ait pas de temps perdu entre les contacts successifs de deux touches avec le générateur primaire, chaque accumulateur restera à tour de rôle une demi-minute en relation avec la source de charge. Dans l'emploi qui serait fait de ces 10 accumulateurs, le moins chargé d'entre eux ne risquerait donc d'être épuisé que quelques instants seulement avant le plus chargé.

Plus d'ailleurs le cylindre tournera vite et plus l'écart de charge existant entre le plus chargé et le moins chargé des accumulateurs deviendra petit. Il n'est pas nécessaire d'aller jusqu'à l'extrême dans cette voie pour réaliser entre les accumulateurs une égalité de charge bien suffisante dans la pratique. Il faut d'ailleurs considérer que l'écart de charge qui peut sans inconvénient exister entre deux accumulateurs peut être d'autant plus grand que la capacité de chaque accumulateur est plus grande elle-même, toutes autres conditions restant égales.

On peut désirer que l'appareil construit comme il vient d'être dit puisse être utilisé à volonté pour des nombres d'accumulateurs moindres que le nombre de touches que contient l'appareil.

Or si l'on veut utiliser l'appareil de 10 touches pour 4 accumulateurs seulement, lesquels seront reliés aux touches 1, 2, 3 et 4, tout le temps que mettra le cylindre à agir sur les touches 5, 6, 7, 8, 9 et 10 sera perdu pour la charge.

Pour réduire cette perte de temps on pourra relier les fils de la touche 1 avec ceux de la touche 5; on fera de même pour les touches 2 et 6, 3 et 7, 4 et 8. L'abaissement des touches 5, 6, 7, 8 sera ainsi utilisé pour la charge et il ne restera plus que les touches 9 et 10 dont l'abaissement restera inutilisé et représentera encore un certain temps perdu, soit une minute sur cinq.

D'après ceci on voit qu'il est avantageux de choisir, dans la construction d'un appareil, un nombre de touches pouvant se subdiviser d'autant de façons que possible sans reste. Le nombre 12 est très convenable et se trouve d'ailleurs bien suffisant

pour les petites applications d'accumulateurs aux usages domestiques.

Avec ce nombre on pourra par exemple, dans le cas de 4 accumulateurs cité précédemment, grouper encore une fois les touches 1, 2, 3, 4, respectivement avec les touches 9, 10, 11 et 12 et l'on se trouvera ainsi avoir évité toute perte de temps pendant une révolution du cylindre.

Ce nombre se trouvant encore divisible par 2, par 3 et par 6, on comprend de quelle façon on pourra, par des groupements convenables des touches, charger sans temps perdu 2, 3 ou 6 accumulateurs aussi bien que 4 ou 12.

L'utilisation de la révolution complète de cylindre, dans le cas de 2, 3, 4 ou 6 accumulateurs seulement, vient d'être obtenue avec 12 touches au moyen de liaisons électriques établies d'une façon convenable entre ces touches. Ce même résultat peut être obtenu d'une autre façon plus commode consistant à changer simplement de place sur le contour du cylindre les saillies destinées à agir sur les touches.

La figure 2 ci-jointe représente la surface développée d'un cylindre C (fig. 1) destiné à agir sur les 12 touches *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l*.

Le cylindre est pointé de 36 trous disposés comme l'indique la figure. 12 fiches constituant les saillies qui doivent agir sur les touches peuvent être placées à volonté dans ces divers trous.

Suivant le nombre d'accumulateurs reliés à l'appareil les 12 fiches seront placées dans les trous suivants :

1° Pour 12 accumulateurs : trous 1, 2, 3, etc., jusqu'à 12;

2° Pour 6 accumulateurs reliés aux touches *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f* : trous 1, 2, 3, 4, 5, 6; 13, 14, 15, 16, 17, 18;

3° Pour 4 accumulateurs reliés aux touches *a*, *b*, *c*, *d* : trous 1, 2, 3, 4; 19, 20, 21, 22; 23, 24, 25, 26;

4° Pour 3 accumulateurs reliés aux touches *a*, *b*, *c* : trous 1, 2, 3; 27, 28, 29; 13, 14, 15; 30, 31, 32.

5° Pour 2 accumulateurs reliés aux touches *a*, *b* : trous 1, 2; 33, 34; 19, 20; 13, 14; 23, 24; 35, 36;

La figure 1 représente le mode de construction du dispositif qui vient d'être décrit.

C est le cylindre destiné à agir sur les touches *a*, *b*, *c*, *d*, etc.,

lesquelles sont supportées à un bout par l'axe A, autour duquel elles peuvent osciller indépendamment les unes des autres.

Sous l'extrémité de ces touches voisine du cylindre s'étendent

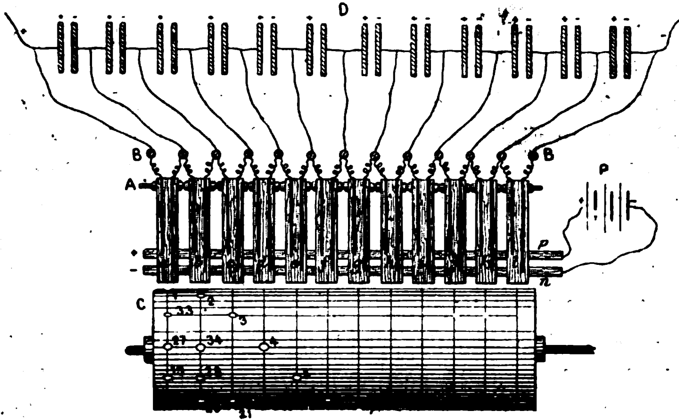


Fig. 1.

deux bandes métalliques *p*, *n*, communiquant chacune avec l'un des deux pôles du générateur primaire P.

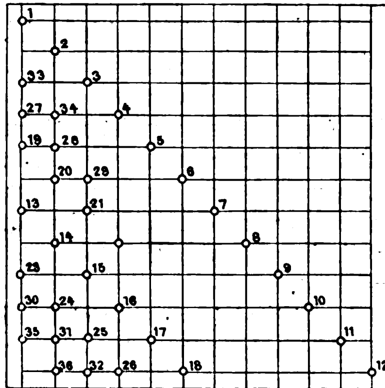


Fig. 2.

Chaque touche porte deux fils qui se recourbant au-dessous d'elle viennent, quand celle-ci s'abaisse, se mettre en contact chacun avec l'une des deux bandes *p*, *n*. Ces fils se relient

d'autre part aux bornes B de l'appareil, et celles-ci à leur tour aux accumulateurs D de la manière indiquée par la figure.

Le cylindre C doit être placé plutôt au-dessus des touches que devant, ainsi que le représente la figure 1 pour plus de clarté.

Les bandes *p*, *n* peuvent être avantageusement remplacées par deux rigoles de mercure dans lesquelles viendront plonger les fils portés par les touches.

Les fiches du cylindre agissant sur les touches doivent avoir leur longueur réglée de façon à ce qu'une paire de fils commence à plonger dans le mercure immédiatement après que la paire précédente a cessé de le toucher. L'absence de toute perte de temps entre deux contacts serait surtout nécessaire dans le cas où les accumulateurs seraient chargés par un générateur mécanique d'électricité.

Il va sans dire que l'appareil de 12 touches pourrait tout aussi bien charger 24 accumulateurs en tension que 12, en employant une source primaire de force électromotrice double et en faisant arriver les accumulateurs 2 par 2 en tension aux bornes de l'appareil.

V. Bablon.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Orages. — La dernière semaine de juillet a été caractérisée par une série d'orages dont l'effet a été ressenti sur toute la surface du pays.

De la province, ce ne sont que comptes rendus de personnes et bétail tués; de dommages plus ou moins sérieux causés aux édifices et aux cheminées d'usines, ou de gens et enfants blessés ou ayant survécu miraculeusement.

Londres n'a pas échappé à la loi commune et, le 24 juillet, un orage très court, mais très violent, éclatait sur la ville en causant des dégâts très minimes.

Dans la matinée du 26 juillet, la foudre frappait la fabrique de poudre de MM. Dickson et Compagnie, située près de Haverthwaite (nord-ouest de l'Angleterre) et connue sous le nom de *Blackbech Gunpowder Factory*. Sur les quatre hommes résidant à la fabrique, trois ont été tués sur le coup, et le quatrième brûlé grièvement. En temps d'orage, les hommes s'éloignent usuellement de la manufacture,

mais dans cette circonstance, aucun signe précurseur de l'orage ne s'étant manifesté, les hommes non prévenus vaquaient à leurs occupations habituelles, et la seule décharge électrique qui se soit produite s'est trouvée fatale, une explosion terrible a eu lieu et détruit entièrement les bâtiments, tuant et blessant les quatre hommes ainsi qu'il a été dit plus haut.

L'ÉLECTRICITÉ ET LA MARINE BRITANNIQUE. — L'Amirauté s'étant décidé à concentrer les services des torpilles et des appareils électriques, et dans l'intention de donner à ces dits services une uniformité qui leur a jusqu'ici manqué, vient de publier un ordre du jour dans lequel se trouvent réglés les détails desdits services de torpilles et d'appareils électriques de toutes sortes se trouvant à bord des navires de l'État.

Cet ordre du jour règle les conditions dans lesquelles ces services doivent fonctionner à l'avenir.

Portsmouth a été, assez naturellement, choisi comme quartier général, cette ville étant la seule qui possédât une école de torpilles, à terre aussi bien qu'à flot, et un atelier électrique auquel est attaché un personnel d'officiers.

Tous les dessins et modèles d'appareils approuvés seront, à l'avenir, préparés à l'arsenal de cette ville et de là seront distribués, avec les instructions nécessaires, aux officiers que cela concerne, dans les différents arsenaux du royaume.

Le capitaine du navire *Vernon*, navire sur lequel a depuis longtemps existé l'école flottante de torpilles, et à bord duquel de nombreuses expériences d'éclairage électrique de systèmes non moins nombreux ont eu lieu, est placé à la tête du service. Les officiers du port doivent lui soumettre tous projets de modifications de modèles existant ou d'adaptations de nouveaux modèles ayant trait aux torpilles aussi bien qu'aux machines et appareils électriques de toutes sortes.

Le capitaine du *Vernon*, d'autre part, doit assister, une fois par semaine, au rapport de l'amiral commandant le port, pour examiner avec lui les questions ayant rapport à ces deux services.

Enfin il est promulgué que la position de toutes batteries, machines ou appareils électriques, projecteurs, etc., ainsi que l'agencement des magasins de torpilles à bord, seront arrêtés en consultation avec un officier du service de la direction de l'artillerie de marine, les installations devant avoir lieu par le personnel de l'arsenal. Des calques de tous les projets seront envoyés à l'approbation, à l'amirauté, avant de recevoir un commencement d'exécution quelconque;

et lorsqu'un travail aura été exécuté sous la surveillance d'un officier responsable, et essayé par un autre, aucune modification ne pourra avoir lieu sans l'autorisation préalable de l'amirauté.

Cet arrangement paraît très satisfaisant en théorie; la pratique confirmera sans doute cette opinion.

CONTENTIEUX. — A la liste des procès en cours ou récemment terminés, que nous avons donnée dans le dernier numéro de ce journal, nous pouvons ajouter les actions suivantes : *the United Telephone C°* contre *Graham.*

La Compagnie obtient un jugement définitif contre Graham, par lequel il lui est défendu de fabriquer, vendre, fournir, louer ou employer aucun transmetteur téléphonique à charbons, ou du système Blake, fabriqués en contrefaçon de certains brevets.

La même Compagnie, il y a quelques mois, après avoir obtenu, dans deux instances séparées, jugements semblables contre Hebden et MM. H. J. Dale et E. J. Dale, et dont ceux-ci n'avaient pas tenu compte, les a fait dûment emprisonner. Dans le premier cas, Hebden importait et vendait en Angleterre des téléphones Bell fabriqués en Hollande par une Compagnie américaine; n'ayant tenu aucun compte du jugement, il fut envoyé en prison, où un séjour de trois mois ne le rendit pas plus sage, ni plus honnête, car il recommença aussitôt sorti et dut être réincarcéré à nouveau.

Dans le second cas, celui des frères Dale, fabricants d'appareils électriques, ceux-ci ayant continuer à fabriquer en contrefaçon furent condamnés à l'emprisonnement, mais l'un des frères, sur la représentation de son avocat que, quoique figurant de nom dans la raison sociale il était parfaitement étranger à la question de la maison de commerce, ses occupations étant tout autres, fut acquitté.

La *South Kensington Mutual Electric Lighting and Supply C°*, une des nombreuses Compagnies d'éclairage électrique dont le long titre n'est même pas une justification d'existence, a été mise récemment en liquidation judiciaire.

La *Jablochkoff Electric Light and Power C°*, contre *Howard and Wynsham.* Action en recouvrement d'une somme de 43 307 fr. 65, montant d'un éclairage électrique installé au *Lyceum Theater* à Edimbourg.

Les défendeurs refusent de payer sous prétexte que l'installation est défectueuse et l'éclairage imparfait, le tout fonctionnant irrégulièrement et n'étant, par conséquent, d'aucune utilité. Les demandeurs

prétendent tout le contraire, naturellement, et de nombreux témoins sont entendus de part et d'autre. La cause est ajournée.

Le *Board of Trade* a décidé de révoquer 25 des 33 ordres provisoires qui avaient été accordés, l'année dernière, à différentes compagnies d'éclairage électrique, pour l'éclairage de certains quartiers de Londres et de quelques environs. Ces ordres avaient reçu la sanction parlementaire et avaient force de loi.

Sur les 25 qu'il est projeté de révoquer, la *Metropolitan Brush Electric Light and Power C°* n'en avait pas moins de 23! Cette Compagnie est aujourd'hui comme tant d'autres, hélas! en liquidation.

Des huit ordres (*provisional orders*) restant, cinq ont déjà été prolongés jusqu'au 15 octobre prochain, époque à laquelle ils deviendront révocables si les Compagnies en faveur desquelles il ont été octroyés n'ont pas accompli les formalités requises; l'une d'elles consiste en un dépôt d'une somme assez ronde et de la justification des fonds nécessaires à la bonne conduite de l'entreprise. C'est évidemment là où le bât blesse les Compagnies en question. Celles-ci avaient demandé, à l'époque où il n'y avait qu'à demander pour obtenir des concessions, dans l'espoir de les négocier si possible, ou de trouver des fonds sur la force de ces précieux documents.

Le bon public est, cette fois, resté indifférent, et les nombreuses Compagnies qui prétendaient *vendre de l'électricité* comme l'on vend du gaz ou autres produits pondérables (car le *Board of Trade* imposait la *vente d'électricité* ou *fourniture de courant électrique pour quelque usage que ce soit*), auront à rentrer dans l'obscurité d'où elles sont sorties.

Si les gaziers se frottent les mains de voir les électriciens faire le bonheur des hommes de loi, les électriciens ont aussi la douce satisfaction de voir, de temps en temps, les gaziers s'entre-déchirer. Quinze audiences ont déjà été consacrées au procès de *Sugy* contre *Bray*, deux inventeurs et réinventeurs de becs à gaz ayant voulu, depuis l'apparition de l'éclairage électrique, imiter la grenouille de la fable. La cause est remise après les vacances judiciaires et espérons qu'un jugement bien senti terminera ce long procès qui, avant de prendre la forme judiciaire, avait dégénéré, dans les journaux de la confrérie, en une véritable prise de becs (rien des becs à gaz) et dont le public est fatigué à juste titre.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE APPLIQUÉ AUX USAGES DE LA GUERRE. — Une expérience intéressante vient d'avoir lieu à Aldershot sous les auspices de la *National Society for Aid to Sick and Wounded in War* (Société nationale de secours aux malades et blessés en guerre), laquelle a

fourni les fonds nécessaires à cette démonstration, dont le but était la recherche et le pansement nocturnes des blessés, la nuit, sur un champ de bataille, à l'aide de la lumière électrique.

Cette expérience, faite au moyen des appareils électriques portatifs de MM. Sautter et Lemonnier, a donné des résultats intéressants et doit faire l'objet d'un rapport du chirurgien Cross. J.-A. Berly.

UN POINT DE COMPARAISON

ENTRE LE SYSTÈME EN TENSION ET LE SYSTÈME EN DÉRIVATION DANS L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

Dans un numéro récent, les *Annales de l'Électricité*, de Bruxelles, essayent de démontrer, ce que personne ne conteste d'ailleurs, que lorsqu'il s'agit d'alimenter un certain nombre de lampes à arc identiques, distribuées sur une assez grande longueur, le système *en tension* est préférable au système *en dérivation.*

L'exemple choisi par notre confrère porte sur 90 lampes à arc (10 ampères, 40 volts)), disposées tous les 100 mètres sur une seule ligne, la canalisation en cuivre est établie pour un courant de 3 ampères par millimètre carré de section. En partant de ces données, voici comment il établit le calcul dans chaque cas :

Par le système en tension, avec une machine unique, la longueur du circuit sera de $90 \times 100 = 9000$ mètres, plus 20 mètres du câble principal à chaque foyer; nous supposons que les conducteurs sont souterrains, soit $90 \times 20 = 1800$ mètres, ce qui nous donne une longueur totale de $9000 + 1800 = 10\,800$ mètres de conducteurs.

Le courant de 10 ampères exige un fil de 2 millimètres de diamètre dont la résistance est de 0,0055 ohm par mètre, ce qui donnera pour le circuit $10\,800 \times 0{,}0055 = 59{,}4$ ohms.

Or la résistance de 59,4 ohms multipliée par le courant de 10 ampères absorbera une force électromotrice de 594 volts. D'un autre côté, chaque lampe demandant 40 volts, la force électromotrice pour les 90 lampes sera de $90 \times 40 = 3\,600$ volts.

Nous aurons donc :

Pour le circuit.	594 volts ou	14,3 pour 100.
Pour les lampes.	3600 —	85,7 —
Soit une force électromotrice de.	4194 volts aux bornes de la machine.	

Le poids et le coût des conducteurs peuvent se calculer comme suit :

10 800 mètres de fil de 2 millimètres de diamètre pèsant 28 kilogrammes par 1000 mètres, soit à peu près 300 kilogrammes qui, comptés à raison de 4 francs le kilogramme, coûteront 1200 francs.

Les tuyaux de fonte placés sous le sol auront une longueur de 9000 mètres et un diamètre de 50 millimètres; à raison de 2 francs le mètre, ils coûteront 18 000 francs.

Le travail électrique aux bornes de la machine dynamo sera $T = \frac{4194 \times 10}{735}$ $= 57$ chevaux électriques, et en calculant sur un rendement de 80 pour 100 de la force motrice, celle-ci devra être de 71 chevaux-vapeur, soit très approximativement 8/10 de cheval par lampe.

Par le système en dérivation, la longueur minima des conducteurs principaux sera de $9000 \times 2 = 18\ 000$ mètres. Chaque lampe demandant 10 ampères, le courant total sera de $90 \times 10 = 900$ ampères, ce qui nécessitera un câble de 19 millimètres de diamètre dont la résistance sera de 0,55447 ohm.

Ce à quoi il faut ajouter la résistance des 90 dérivations comptée dans le cas précédent, soit 0,00122 ohm ; ce qui donne une résistance totale de 0,55579.

Cette résistance de 0,55579 ohm mulpliée par le courant de 900 ampères exigera une force électromotrice de :

$$0{,}55579 \times 900 = 500 \text{ volts.}$$

Les 90 lampes en dérivation exigent ensemble une force électromotrice de 40 volts.

Nous aurons donc :

Pour le circuit.	500	volts ou	92,5	pour 100.
Pour les lampes.	40	—	7,5	—
Soit une force électromotrice de	540	volts aux bornes de la machine.		

La dépense des conducteurs se chiffre par :

18 000 mètres de câbles de 19 millimètres pesant 2520 kilogrammes par kilomètre, soit	45 360	kilogrammes.
Les 1800 mètres de fil de 2 millimètres pèseront.	50	—
Le poids total du cuivre sera donc de	45 410	—

Et, à raison de 4 francs le kilogramme, coûteront 181 640 francs.

Les tuyaux de fonte coûteront :

9000 mètres de 120 millimètres de diamètre à 6 francs le mètre.	54 000	francs.
630 mètres de 50 millimètres de diamètre à 2 francs le mètre.. .	1 260	—
Ensemble	55 260	—

Si nous recherchons quel sera le travail électrique aux bornes de la machine, nous trouvons ;

$\frac{540 \times 900}{735} = 661$ chevaux électriques qui, sur la base de 80 pour 100 de rendement à la dynamo, exigeront une force motrice de 850 chevaux-vapeur, soit un peu plus de 19 chevaux par lampe.

La *comparaison* peut se résumer comme suit :

	Tension.	Dérivation.
Poids du cuivre dans les conducteurs. . . .	300 kilogr.	45 410 kilogr.
Coût du cuivre.	1 200 fr.	181 640 fr.
Coût des tuyaux en fonte.	18 000 fr.	55 250 fr.
Force motrice chevaux-vapeur.	71	850

Il faut, en outre, tenir compte du coût de la dynamo, qui, dans le système en tension, devra développer 4194 volts et 10 ampères, et dans le système en dérivation, 540 volts et 900 ampères; cette dernière étant d'une construction beaucoup plus coûteuse, de même que dans le premier cas, une machine à vapeur de 75 chevaux coûtera environ 30 000 francs, alors que celle de 850 chevaux que réclame le système en dérivation coûtera une somme sept à huit fois plus grande.

Cet exemple suffit, croyons-nous, pour amener la conclusion que, dans les éclairages d'un nombre important de lampes, le système en tension est le seul possible; ce qui nous autorise à dire que l'éclairage électrique de grands espaces, rues, places publiques, vastes bâtiments, repose indubitablement et uniquement sur l'emploi des courants à haute tension.

Nous acceptons bien volontiers tout ce qui se rapporte au système en tension, mais nous ne pouvons admettre en aucune façon le mode de calcul adopté pour le système en dérivation.

La longueur minimum des conducteurs principaux sera bien de 18 000 mètres et le courant total de 900 ampères, mais, si nous avons bien compris l'installation, la distribution forme une boucle fermée au point de départ. Il n'est donc pas nécessaire de faire passer les 900 ampères au départ dans le conducteur; nous pouvons *bifurquer* et faire deux branchements de 450 ampères chacun et de 4500 mètres de longueur seulement. Il y aurait déjà de ce fait une sérieuse économie.

Une autre plus sérieuse encore et à laquelle notre confrère ne parait pas avoir songé, c'est que *toute* la canalisation ne doit pas être calculée pour le courant de 900 ampères.

La première portion de circuit doit bien en effet, si l'on adopte son montage, laisser passer 900 ampères, mais à l'extrémité, le courant n'est plus que de 10 ampères. Établir un conducteur de 900 ampères pour n'en faire passer que 10, c'est une prodigalité inusitée. Que

penserait-on d'un directeur d'usine à gaz qui, ayant à répartir uniformément le gaz sur une longueur de 4 à 5 kilomètres, adopterait pour l'extrémité de sa canalisation une conduite uniforme et calculée pour le débit initial? Notre confrère ne fait cependant pas autre chose dans son calcul.

L'erreur commise sur le prix de revient de la canalisation réagit tout naturellement sur celui de la perte de travail par les conducteurs, et c'est ainsi que l'on ne retrouve dans les lampes que 7,5 pour 100 de l'énergie électrique totale fournie par la machine. Produire 540 volts et en utiliser 40, c'est en effet un piètre résultat.

Une autre partie non moins singulière du calcul que nous critiquons est celle dans laquelle notre confrère *ajoute* la résistance des 90 dérivations qui vont de la conduite maîtresse à chaque lampe pour calculer la perte totale. Nous avouons, dans notre ignorance, ne pas comprendre du tout comment ces dérivations peuvent *augmenter* la résistance totale, et nous sollicitons une explication.

Tout en ramenant à de plus justes proportions et à de plus judicieuses dispositions le système *en dérivation* des *Annales de l'Électricité*, nous sommes d'avis avec notre confrère que le système *en tension* serait, dans le cas particulier, beaucoup plus avantageux, mais non pas dans la proportion qu'il indique. Chaque fois qu'il n'y a pas nécessité de *distribution* et qu'on ne doit toucher aux appareils, conducteurs et lampes, que pendant les périodes d'arrêt, il n'y a pas grand inconvénient aux hautes tensions, si les conducteurs sont hors d'atteinte du public qu'il faut, bon gré malgré gré, protéger d'un danger dont rien ne révèle la présence. Quant à l'existence de ce danger, elle est indiscutable et indéniable, et ce fait seul le prouve nettement :

A l'Exposition d'hygiène, à Londres, le préposé à la surveillance des machines Brush a toujours les mains recouvertes de gants en caoutchouc.

Tout nous porte à croire que ce n'est pas *pour le plaisir*, et que la précaution n'a rien d'inutile.

CONCLUSION : Les éclairages *en tension* présentent un certain danger et sont incompatibles avec une *distribution* bien entendue.

E. H.

LES CABLES TÉLÉGRAPHIQUES SOUTERRAINS
DE L'EMPIRE D'ALLEMAGNE

(SUITE ET FIN)[1]

Il nous reste à considérer les règles principales qui président à l'installation des lignes souterraines en vue de faciliter la vérification de l'état des conducteurs et la recherche des défectuosités.

Quand la couche isolante d'un câble est endommagée, il s'y produit une dérivation à la terre; on s'en aperçoit bien aux deux extrémités, mais l'on ne sait pas encore en quel endroit existe la fuite; une visite du câble ne donnerait également aucun renseignement, il faut recourir à des mesures spéciales.

On sait que le courant d'une pile diminue quand on augmente son circuit, car la résistance augmente proportionnellement à la longueur. Si l'on introduit dans le circuit deux conducteurs de même nature et grosseur, la diminution d'intensité permet de déterminer le rapport de leur résistance et par suite de leur longueur. Si l'un des fils a une longueur de 1 kilomètre, le rapport exprimera la longueur en kilomètres du second. Si l'on introduit dans le circuit deux conducteurs parallèles de longueurs différentes, l'intensité du courant qui les traverse est en raison inverse de leur résistance, de sorte que le rapport des intensités permet de déterminer le rapport des résistances. Pour déterminer le point défectueux, on réunit le conducteur endommagé avec un conducteur parfaitement sain à une certaine distance au delà de la fuite présumée. On mesure tout d'abord la résistance du pont en adaptant avec soin les extrémités de ce dernier aux pôles d'une batterie. Dans ce cas on ne constate aucune perte d'intensité par les fuites. On joint alors parallèlement les deux extrémités libres du pont au même pôle de la batterie, le pôle opposé étant mis à la terre. Dans ce cas, le courant se divise, passe par les deux voies qui s'offrent à lui, pour se rendre à la fuite, et revient au premier par la fuite et la terre. La mesure de l'intensité du courant qui traverse ces deux chemins donne le rapport des segments du conducteur dans lesquels le pont est partagé par la défectuosité; l'un d'eux est constitué par le conducteur défectueux jusqu'à la fuite, l'autre par le même conduc-

[1] Voy. l'*Électricien* du 15 juillet 1884. n° 79, page 65.

teur depuis la fuite jusqu'au pont et par le conducteur sain. La première mesure avait donné la somme de ces deux segments, un calcul des plus simples permet donc de déterminer leur longueur respective.

Telle est l'idée générale qui préside à la recherche des défectuosités. En réalité, on ne mesure pas les intensités, mais directement les résistances au moyen du pont de Wheatstone.

Il est facile de comprendre que les résultats de ce calcul seront d'autant plus exacts que le pont sera plus petit. Il ne faut d'ailleurs pas s'attendre à une grande exactitude, à moins que la conduite ne soit très endommagée et que la résistance due à la faute soit faible. Si le conducteur n'est que légèrement défectueux, la résistance est considérable, et par suite la sensibilité de l'appareil n'est plus suffisante; on conseille dans ce cas de se servir du conducteur dans l'état où il se trouve, et l'on ne recherche la fuite que quand elle est plus importante, car une défectuosité légère ne gêne en rien le bon fonctionnement des appareils télégraphiques.

Pour vérifier l'état électrique des conducteurs, on mesure la résistance des isolants. La gutta-percha n'est pas un isolant absolu, car en réalité il n'en existe pas, mais un très mauvais conducteur. Si l'on met l'extrémité d'un conducteur isolé en communication avec un galvanomètre très sensible, et l'autre extrémité avec une batterie dont l'un des pôles est à la terre, on éprouve tout d'abord une déviation très forte qui s'accuse bientôt dans le sens opposé et persiste quelques minutes. Cette déviation est due au courant qui traverse la gutta-percha et se rend à la terre. Il permet de mesurer la résistance d'isolation du revêtement du câble. Plus ce dernier est long, plus cette résistance est faible, car avec la longueur du câble s'accroît le nombre des points par lesquels l'électricité peut se frayer un chemin à la terre. Donc, pour obtenir la résistance d'isolement par kilomètre, il faut faire le produit de la résistance ainsi obtenue par la longueur exprimée en kilomètres. Il faut encore faire les corrections dues à la température, car la résistance de la gutta-percha varie considérablement avec la température.

Pour faciliter les mesures dont il a été parlé, on a installé des bureaux de mesure aux 15 principales stations du réseau. Ces expériences sont faites régulièrement une fois par semaine, et les observations relatives à la résistance d'isolement, à la capacité des conducteurs et à la résistance du cuivre de tous les embranchements sont concentrées tous les mois au bureau central du ministère des postes et télégraphes qui peut comparer les résultats obtenus en double aux extrémités différentes d'un même câble, en tenant compte

de la température moyenne des couches qui constituent le câble, car toute autre estimation fait défaut.

Ces opérations constituent un contrôle constant de l'état des câbles souterrains. Toute modification, toute défectuosité naissante est observée dans les huit jours, de sorte que les corrections étant faites à temps, la correspondance n'éprouve aucun retard. Un nouvel avantage de ces bureaux de mesure est d'exercer à ces opérations délicates un nombreux personnel.

En dehors de ces bureaux de mesure, il existe encore des offices intermédiaires situés le long de la ligne, à des distances de 20 à 60 kilomètres, renfermant un commutateur soigneusement mis à l'abri de la poussière et de l'humidité. On a ainsi à sa disposition une série de points accessibles aux recherches nécessaires, où l'on n'a ni fouilles à faire, ni câble à couper. Tous les embranchements peuvent y être interrompus en dévissant simplement de petits rails de connexion; ce commutateur permet également de mettre à la terre un ou plusieurs conducteurs, de les mettre en communication les uns avec les autres ou avec des appareils de mesure.

Pour faciliter les recherches ultérieures, on a soin de déterminer et de marquer avec soin les soudures du câble, c'est-à-dire les points où l'on réunit sur place les segments de câble de 1000 à 1500 mètres. A cet effet, les extrémités à réunir sont dénudées sur une longueur de quelques centimètres, soudées ensemble et recouvertes d'une nouvelle couche isolante. Ces soudures constituent les points faibles du câble. Si la soudure n'offre aucune difficulté sérieuse, l'isolement à nouveau de ces points est très délicat. Les grandes manufactures de câble des télégraphes de l'État ont des ouvriers spéciaux pour cette opération.

Tant que l'on n'avait pas suffisamment exploité des lignes souterraines aussi étendues, on avait cru bien faire en centralisant ce service dans les mains d'une seule direction installée à Berlin. Mais plus tard, quand on eut acquis assez d'expérience, il parut convenable de diviser le réseau total en six districts dont les centres furent placés à Berlin, Hambourg, Dantzig, Francfort, Cologne et Metz. Chacun de ces bureaux centraux est pourvu de deux voitures légères contenant tous les appareils de mesure et tous les outils et matériaux nécessaires aux ouvriers pour la réparation.

Par suite du contrôle incessant, les câbles ont atteint une durée au delà de toute attente. Si l'isolement offre souvent des variations de faible importance, il faut plutôt attribuer ces imperfections aux erreurs de calcul dues à l'approximation des corrections de température. En tout cas ces expériences de mesure et les travaux de répa-

ration ont démontré qu'il fallait avoir une confiance absolue dans le maintien de la conductibilité de la gutta-percha. La plus ancienne des lignes, celle de Berlin à Halle, est encore dans un aussi bon état d'isolement que lors de son inauguration.

On a bien rencontré quelques défauts locaux, mais il n'y a pas lieu d'en être surpris, vu l'étendue et l'ancienneté des lignes.

Depuis l'installation du réseau souterrain, dont le développement s'élevait fin 1882 à 37 400 kilomètres, il s'est présentée 40 défauts dont on ne s'expliquait pas la cause et dont les mesures ont pu déterminer la situation précise. A cela il faut ajouter 8 à 10 solutions de continuité que l'on savait avoir été produites par des accidents, tels que coups de pioche, et les points lésés ont pu être réparés par une simple soudure.

Sur les 40 premiers cas, 20 sont dus à des chocs, parmi lesquels 15 ont été occasionnés par la maladresse de terrassiers travaillant dans le voisinage, 3 lors de la réparation des conduites d'eau et de gaz, le câble ayant été brûlé par inattention ; un point a été perforé par un saltimbanque qui a enfoncé un pieu en fer pour tendre sa corde ; le dernier est dû à un coup de hache d'un bûcheron qui prenait le câble pour une racine.

Huit cas sur les 20 restant sont dus à l'action du ciment sur la gutta-percha. On n'avait primitivement aucun soupçon de cette influence et l'on n'avait pas craint de recouvrir les câbles qui traversent les ponts en maçonnerie d'une couche de béton pour faciliter l'écoulement des eaux. On sait maintenant que la gutta-percha recouverte de béton se décolore et se fendille, ce qui permet à l'humidité de pénétrer jusqu'à l'âme. Il résulte des expériences faites à l'École impériale des mines que cette altération de la gutta-percha est due au précipité des solutions alcalines contenues dans le ciment, mais il paraît que tous les échantillons de gutta-percha ne sont pas sensibles à cette action, qui est facilitée par des circonstances spéciales. Quoi qu'il en soit, depuis que ce fait a été reconnu, on substitue dans ces travaux l'asphalte au ciment.

Deux autres cas ont été occasionnés par la foudre ; trois défauts ont été le résultat de maladresses commises lors de l'installation.

Les autres cas sont dus à de mauvaises soudures. On peut affirmer, cependant, qu'à l'exception de deux ou trois défauts graves, les autres n'ont pas été assez importants pour troubler sensiblement l'exploitation. (*Extrait des Annales des postes et télégraphes allemands*).

MOTEURS ÉLECTRIQUES LÉGERS

Il n'est pas facile de réaliser des moteurs électriques présentant à la fois de la légèreté, de la puissance et un rendement mécanique satisfaisant, c'est-à-dire transformant en travail disponible sur l'arbre, mesuré au frein, une grande partie de l'énergie électrique fournie de borne à borne.

Les applications qui réclament ces qualités réunies à un haut degré sont nombreuses : nous citerons en particulier la locomotion, bateaux de plaisance, tricycles, telpherage, etc.

Nous avons fait connaître l'année dernière les résultats obtenus à l'aide des petits moteurs de MM. Ayrton et Perry, d'une légèreté satisfaisante, mais dont le rendement ne dépassait pas 35 pour 100. Nous signalerons aujourd'hui le moteur de M. A. Reckenzaun, qui fonctionne actuellement à l'Exposition royale d'agriculture de Schewsburry, sur la ligne de telpherage établie par M. le professeur Jenkin.

Voici, d'après l'*Electrical Review*, les conditions de fonctionnement de ce moteur, telles qu'elles résultent d'expériences faites par M. Mylne, de la Telpherage C°.

Le poids total du moteur expérimenté, avec son système de changement de marche, est de 117 livres anglaises (50 kilogrammes). Il peut fournir normalement une puissance de 1,5 cheval-vapeur, soit plus de 2 kilogrammètres par seconde et par kilogramme de poids total; en fonctionnant par intermittences, il peut produire jusqu'à 2 chevaux-vapeur. Il a 16 pouces de longueur (40 centimètres) 16 pouces de largeur et 8,5 pouces (22 centimètres) de hauteur. La bobine a 0,455 ohm de résistance, et les inducteurs 0,09 ohm, ce qui donne une résistance totale de 0,545 ohm de borne à borne.

NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE.	PUISSANCE AU FREIN		INTENSITÉ DU COURANT EN AMPÈRES	VOLTS AUX BORNES.	ÉNERGIE ÉLECTRIQUE FOURNIE EN WATTS.	RENDEMENT.
	EN CHEVAUX-VAPEUR.	EN WATTS.				
2241	1,75	1291	29,8	75,8	2259	0,57
1984	1,54	1141	29,4	69,9	2058	0,55
1784	2,04	1522	41,7	72,5	2023	0,70
1300	1,15	858	31,5	52,3	1647	0,52
996	0,91	679	31,9	44,9	1432	0,48
548	0,60	448	36,5	37,5	1350	0,33
428	0,45	336	35,2	31,8	1094	0,41

Le tableau ci-contre fait connaître les conditions de fonctionnement du moteur à différentes allures et pour différentes intensités. Le travail a été mesuré à l'aide d'un frein dynamométrique construit par le professeur Jenkin, appareil absolument identique au frein de M. J. Carpentier.

On voit d'après ce tableau que le rendement mécanique effectif a atteint 57 pour 100. A l'allure normale de 2000 tours et 1,5 cheval-vapeur, le rendement est de 0,70, ce qui est un chiffre très satisfaisant, eu égard aux faibles dimensions du moteur et à sa légèreté. Quelle que soit la vitesse, on n'aperçoit pas d'étincelles aux balais, même avec les fréquents changements de sens du courant exigés par le telpherage auquel il est appliqué.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 21 juillet 1884.

Sur les relations électrocapillaires. — Note de M. P. Garbe, présentée par M. Desains. (Extrait.)

En étudiant l'électromètre capillaire de M. Lippmann, M. P. Garbe a été conduit à énoncer les lois suivantes :

La constante capillaire du mercure est maximum lorsque la différence électrique au ménisque est nulle, et, en général, sa valeur est indépendante du signe de cette différence.

La capacité électrique à surface constante d'une électrode plongée dans un liquide est fonction de la seule différence électrique, indépendante du signe de cette différence, et minimum lorsque cette différence est nulle.

M. G. Cabanellas présente une Note sur la *Mesure directe des deux composantes statiques et de la composante dynamique du champ magnétique des machines à collecteur.*

Recherches sur le magnétisme. — Note de M. Duter.

Quand on place une plaque mince d'acier dans un champ magné-

tique uniforme, de façon que les lignes de force du champ soient normales à la surface de la plaque, on réalise un aimant très plat dont les deux faces sont les deux surfaces polaires; la distribution magnétique ainsi obtenue semble disparaître dès que la plaque n'est plus dans le champ. Les expériences qui suivent montrent que cette disparition n'est pas complète. Je me suis servi de plaques d'acier trempé de 1 millimètre d'épaisseur et dont les diamètres varient de $0^m,040$ à $0^m,005$; j'ai formé avec ces plaques des piles cylindriques; dans certaines de ces piles les plaques étaient directement en contact, dans d'autres elles étaient séparées par des feuilles de carton dont l'épaisseur variait depuis celle du papier le plus mince jusqu'à $0^m,001$; les piles ont été placées dans la partie centrale d'un champ magnétique très puisant et, après qu'elles en ont été retirées, elles ont constitué des aimants permanents parfaitement réguliers. La force portative de ces aimants était d'autant plus grande que les plaques constitutives étaient plus voisines les unes des autres. Dans une pile de cent plaques se touchant directement et fortement pressées dans un cylindre de laiton, la force portative à chaque extrémité s'est élevée à 30 grammes. Ce premier résultat étant obtenu, j'ai démonté les piles, plaque par plaque, en ayant soin de marquer les faces supérieures et inférieures de chacune d'elles; j'ai constaté alors que chaque plaque ne gardait plus qu'un magnétisme excessivement faible. Cependant chacune d'elles constituait encore un aimant plat dont les deux faces sont les surfaces polaires; car, si l'on reformait la pile, elle donnait de nouveau un aimant parfaitement régulier, mais plus faible que celui qu'elle constituait tout d'abord. La séparation de l'aimant en ses feuillets constitutifs et sa reconstruction peut être recommencée indéfiniment.

Sur une nouvelle pile à électrodes de charbon. — Note de MM. Tommasi et Radiguet. (Extrait.)

Cette nouvelle pile se compose d'une cuvette rectangulaire en porcelaine, au fond de laquelle ou trouve une plaque en charbon entourée d'une pâte de peroxyde de plomb, constituant l'une des électrodes de la pile. L'autre électrode est formée par une deuxième plaque en charbon, semblable à la première, mais contenant à sa partie supérieure des fragments de charbon de cornue platinés. Ces deux plaques sont placées l'une sur l'autre et séparées entre elles par une feuille de papier parcheminé, disposée de façon à partager la cuvette en deux compartiments parfaitement cloisonnés. Pour faire fonctionner la pile, on verse, dans les deux compartiments, une petite quantité

de solution saturée de chlorure de sodium, de façon que, d'une part, le peroxyde de plomb ne soit pas trop délayé, et que, d'autre part, les fragments de charbon qui recouvrent l'électrode supérieure ne baignent qu'en partie seulement dans la solution saline.

Cette pile, qui ne travaille qu'en circuit fermé, produit une force électromotrice égale à 0,6 volt.

Le pôle négatif (zinc des piles ordinaires) est formé par la plaque de charbon qui ne touche pas le peroxyde de plomb. Si l'on substitue, à la solution de chlorure de sodium, d'autres solutions salines, telles que le sulfate d'ammoniaque, le sulfate de soude, le chlorhydrate d'ammoniaque, ou même l'acide sulfurique étendu, la force électromotrice ne varie pas d'une manière sensible.

Action de l'étincelle d'induction sur la benzine, le toluène et l'aniline. (Note de M. A. Destrem, présentée par M. Berthelot.

En faisant jaillir l'étincelle d'induction dans l'intérieur de certains composés liquides de la série aromatique, on arrive facilement à décomposer ces produits; de plus, les gaz provenant de ce dédoublement échappent, à mesure de leur formation, à l'action ultérieure de l'étincelle. On peut être assuré ainsi de retrouver, par l'analyse, les produits provenant seulement de la décomposition, sans qu'il y ait lieu de tenir compte des actions secondaires.

Pour opérer cette décomposition, on s'est servi d'un appareil à électrolyse d'Hofmann, à une seule branche, muni d'un tube abducteur permettant de recueillir les gaz sur une cuve à mercure. L'étincelle, produite par une bobine de dimension moyenne, actionnée par trois couples de Bunsen, jaillissait entre deux fils de platine très rapprochés l'un de l'autre, leur distance variant d'après la résistance électrique des liquides auxquels on s'adresse.

Je donnerai, dans cette Note, les résultats obtenus avec la *benzine*, le *toluène* et l'*aniline*.

Lorsque l'étincelle jaillit dans l'intérieur d'un de ces liquides, on voit, autour des électrodes, se produire de nombreuses bulles gazeuses, en même temps qu'il se forme un charbon floconneux, qui ne tarde pas à envahir toute la masse. Dans le cas de l'aniline, le charbon est moins volumineux et gagne rapidement le fond de l'éprouvette, ce qui n'a pas lieu pour la benzine et le toluène.

Dans le mélange gazeux provenant de la décomposition de carbures, on a trouvé :

Pour la benzine : acétylène, 42 à 43 pour 100; hydrogène, 57 à 58 pour 100;

Pour le toluène : acétylène, 23 à 24 pour 100; hydrogène, 76 à 77 pour 100.

Pour l'aniline : acétylène, 21 pour 100; hydrogène, 65 pour 100; acide cyanhydrique, 9 pour 100; azote, 5 pour 100.

Après l'action de l'étincelle, on trouve, outre le charbon qui s'est déposé : dans la benzine et le toluène, du diphényle et un composé brun rouge soluble dans ces carbures, que l'on isole facilement, soit par concentration ou simplement par refroidissement.

Séance du 28 juillet 1884.

Sur un nouveau traitement électrique des fibromes utérins. — Note de M. G. Apostoli. (Extrait.)

Les conclusions générales et caractéristiques de cette nouvelle application de l'électricité sont les suivantes : Aux anciens procédés de traitement électrique des tumeurs fibreuses de l'utérus, caractérisés : 1° par l'emploi de très faibles intensités électriques, manquant de dosage et administrées d'une façon variable et souvent empirique, 2° par le siège souvent vaginal de leur pôle actif, toujours en dehors de la cavité de l'utérus, j'oppose une méthode 1° toujours plus active, puisqu'elle s'élève à des intensités maxima de 100 milliampères, inconnues médicalement jusqu'à présent, 2° toujours intra-utérine. Le moyen de rendre tolérables ces hautes intensités au pôle extérieur ou cutané, c'est d'employer une électrode en terre glaise sur le ventre (que j'ai appliqué dès 1882), pour augmenter la surface et diminuer au maximum la résistance de la peau. Pour intéresser toute l'étendue de la muqueuse intra utérine, il faut se servir d'un hystéromètre inattaquable en platine, qui se transforme en trocart si le canal naturel n'est pas perméable.

Nouvelle méthode pour la mesure directe des intensités magnétiques absolues. — Note de M. A. Leduc, présentée par Jamin.

Je viens d'appliquer à la mesure des intensités magnétiques la récente découverte de M. Lippmann. Mon appareil n'est, pour ainsi dire, qu'une partie de son galvanomètre à mercure. Je le construis de deux manières différentes, suivant qu'il s'agit de mesurer à un centième près, par exemple, de grandes intensités magnétiques, ou, avec la plus grande précision, les faibles intensités.

Je prépare une cuve de $0^m,01$ de large et de haut, dont l'épaisseur

est voisine de $0^{mm},1$. Elle contient du mercure dans lequel on fera passer un courant variant de 1 à 3 ampères. Sur les côtés sont ajustés deux tubes qui s'élèvent verticalement et qui constituent un manomètre; ils ont de 2 à 4 millimètres de diamètre.

Dans la première disposition, l'un des tubes s'élève à $0^{m},30$; il est appliqué le long d'une règle graduée en millimètres; l'autre est terminé à mi-hauteur par une cuvette de $0^{m},02$ de diamètre.

Le mercure arrive d'un côté dans la cuvette, et, d'autre part, en un point marqué 0, vers le milieu de la graduation. Lorsqu'on place l'appareil entre les pôles d'un électro-aimant, par exemple, on voit le mercure monter ou descendre dans la grande branche du manomètre, suivant le sens du courant dans la cuve et dans l'électro-aimant.

Construit dans les meilleures conditions, cet appareil permet de mesurer aisément les intensités magnétiques à vingt unités près (C. G. S.).

Mon second *magnétomètre* est dix fois plus sensible. Il ne diffère du précédent qu'en ce que la grande branche présente, un peu au-dessus de sa courbure, une seconde cuvette surmontée d'un tube fin dont la hauteur peut atteindre $0^{m},80$. Celui-ci contient de l'eau, dont la surface de séparation avec le mercure se trouve vers le milieu la cuvette. La petite branche n'a que $0^{m},10$ de haut.

Il est aisé de voir que, si le courant qui passe dans la cuve s'élève à 6 ampères et si le tube n'a que 2 millimètres de diamètre, une unité C. G. S. correspond sur la graduation à $0^{mm},5$.

Cet appareil est d'un usage très simple et très rapide; il permet de mesurer les intensités magnétiques en unités absolues, pourvu que l'on ait déterminé avec soin l'épaisseur de la cuve. Je l'applique actuellement à l'étude d'un champ magnétique. Je me propose de comparer mes nouveaux résultats à ceux que j'ai obtenus par la méthode de l'induction de Verdet.

Séance du 4 août 1884.

Sur la valeur absolue de la composante horizontale du magnétisme terrestre à Paris (parc Saint-Maur). — Note de M. Mascart. (Extrait.)

L'organisation d'un service régulier d'observations magnétiques à l'observation du parc Saint-Maur exigeait la détermination de la com-

posante horizontale en valeurs absolues; il me paraît utile d'indiquer la manière dont cette mesure importante a été effectuée.

La méthode de Gauss paraît une de celles qui comportent la plus grande exactitude. On fait d'abord osciller un barreau aimanté sous l'influence de la Terre; on le place ensuite à une certaine distance d'un autre barreau soumis à l'action de la Terre et l'on note la déviation qu'éprouve ce dernier.

Soient :

M le moment magnétique du barreau,
K son moment d'inertie,
T la durée des oscillations infiniment petites,
R la distance des centres des deux barreaux,
α la déviation du barreau auxiliaire,
a une constante à déterminer par expérience.

En supposant que le barreau déviant soit perpendiculaire au méridien magnétique et dirigé vers le milieu du barreau dévié, ce qu correspond à la première disposition de Gauss, on a :

$$H = \frac{\pi}{T}\sqrt{K}\,\frac{2}{R\,\text{tang}\,\alpha}\sqrt{\frac{1}{R}\left(1+\frac{a}{R^2}\right)}.$$

Si le barreau déviant restait perpendiculaire à la direction du barreau dévié, on devrait remplacer tang α par sin α. Les deux quantités dont la mesure présente surtout des difficultés sont K et a.

Les barreaux avaient une forme géométrique simple, parallélépipède, rectangle ou cylindre, et l'on déterminait le moment d'inertie par le poids et la longueur.

La valeur du terme de correction $x = \frac{R^2}{a}$ se détermine en mesurant les déviations α et α' qui correspondent à deux distances différentes R et R'. On sait d'abord que, pour annuler autant que possible le terme suivant de la série, la longueur L du barreau déviant doit être double de celle du barreau dévié; dans ces conditions, l'erreur relative sur le calcul de x est minimum quand le rapport des distances est égal à 1,29.

Si l'on suppose que les distances R et R', ainsi que la première déviation α, soient connues en toute rigueur, l'erreur relative de la composante horizontale, correspondant à une erreur $d\alpha'$ sur la seconde déviation, est d'environ $3\,\frac{d\alpha'}{\alpha}$.

Pour connaître la composante H au millième près, il faut donc que le rapport $\frac{d\alpha'}{\alpha}$ ne dépasse pas $\frac{1}{3000}$, il serait très difficile d'atteindre une telle approximation avec une boussole de voyage.

La valeur théorique de *a*, ne renfermant que les distances polaires de deux barreaux, est indépendante de leurs moments magnétiques et peut être déterminée une fois pour toutes ; on s'est servi pour cela d'un instrument spécial, construit par MM. Brunner. Le barreau déviant est porté par un chariot qui se meut sur une règle divisée ; la règle peut tourner autour de l'axe de suspension du barreau mobile, et on observe les déviations par la méthode du miroir. Si l'on veut maintenir les deux aimants à la distance à laquelle ils seront placés sur une boussole, on remplace le fil unique par une suspension bifilaire, qui équivaut à une augmentation de la composante terrestre, afin de maintenir la déviation dans les limites de l'échelle. L'appareil permet tous les réglages : il n'est pas nécessaire de toucher à l'aimant pour les retournements et les changements de distance, et l'opération est assez rapide pour qu'il n'y ait pas à faire de corractious de température.

Les seules quantités qui restent alors à déterminer dans une boussale sont la durée d'oscillation T et la déviation α.

On a employé quatre boussoles magnétiques de Brunner, munies de tiges latérales sur lesquelles on peut placer le barreau déviant à deux distances différentes R et R′, et l'observation a été faite en général avec deux aimants différents. Une seule distance suffirait, en toute rigueur, mais les deux séries se servent de contrôle réciproque. Voici les principaux éléments de ces boussoles :

Boussole.	L′.	R.	R′.
A, Faculté de Rennes	7	25	35
B, Collège de France.	13	20	28
C, Collège Rollin.	7	15	20
D, Observatoire de Saint-Maur .	6,5	15	20

La valeur de T était déterminée par l'observation d'au moins 100 oscillations. Les valeurs de H déduites des observations, toutes corrections faites, ont été comparées chaque fois avec les valeurs calculées d'après les indications d'une boussole bifilaire de variations à enregistrement photographique ; on a déterminé la constante de cette boussole par une valeur moyenne des mesures absolues, en tenant compte des corrections relatives aux changements de température et à l'altération progressive du moment magnétique.

De plusieurs séries d'observations faites par M. Moureaux, avec le plus grand soin, dans le courant de l'année actuelle 1884, il résulte

que la valeur moyenne de la composante horizontale à l'observatoire du parc Saint-Maur, le 1er juillet 1884, est, en unités C. G. S. :

$$H = 0,19414 \pm 0,00012.$$

Comme les plus grandes erreurs correspondent généralement à des troubles magnétiques indiqués par la courbe des variations, l'erreur probable est, en réalité, un peu plus faible, et inférieure à 0,0001.

Nouvel appareil pour recueillir l'acide carbonique neigeux. — Note de M. Ducretet, présentée par M. Cailletet.

Depuis Thilorier, les physiciens se servent, pour recueillir la neige d'acide carbonique, d'une boîte en cuivre mince, ayant la forme de deux hémisphères, munis de manches isolants. Il arrive souvent que, en employant cette boîte métallique, on ne recueille que de très petites quantités de neige carbonique.

Les récentes recherches de M. Cailletet ayant nécessité la production de grands volumes d'acide carbonique neigeux, j'ai construit, sur ses indications, un nouvel appareil dont les résultats sont des plus satisfaisants.

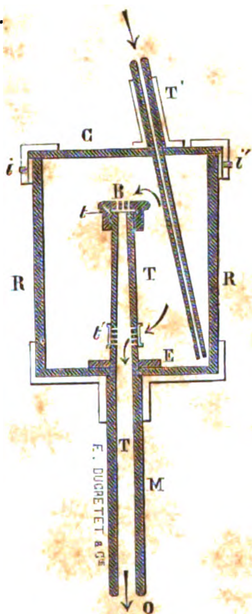
Cet appareil se compose d'un cylindre R faisant fonction de récipient; il est muni d'un couvercle G, qui peut être immobilisé au moyen d'une fermeture à baïonnette *ii'*; un tube T' est fixé obliquement sur le couvercle au moyen d'une pièce en cuivre; enfin un manche creux T complète l'appareil. Toutes les pièces sont en *ébonite*, corps mauvais conducteur de la chaleur.

Lorsqu'on veut obtenir de l'acide carbonique neigeux, on introduit dans le tube T l'ajutage en cuivre, par lequel s'échappe l'acide carbonique liquide contenu dans une bouteille métallique. Dès que le robinet est ouvert, le liquide projeté avec force contre le fond du cylindre en ébonite, se transforme en neige, qui remplit bientôt tout l'appareil. Il suffit de démonter le couvercle pour retirer la neige accumulée. Le gaz non condensé et l'air entraîné s'échappent par les orifices *t* et *t'*, qu'on a garnis de toile métallique fine, et sortent dans l'air par un orifice *o* de petit diamètre qui termine le manche M.

Le remplacement du laiton par l'ébonite dans la construction de l'appareil, la disposition du tube oblique qui permet au liquide projeté de développer un travail énergique, enfin la détente qui s'opère dans des conditions favorables, permettent d'obtenir avec cet appareil un rendement bien plus grand que celui de l'appareil de Thilorier.

Je dois signaler enfin un fait intéressant, qu'on observe pendant le

fonctionnement de cet appareil. Les parcelles d'acide carbonique, en frottant énergiquement contre les parois d'ébonite, dégagent une quantité d'électricité suffisante pour produire un jet continu d'étincelles,



d'une longueur de plus de $0^m,01$, qui jaillissent entrent la garniture métallique du tube T' et l'ajutage fixé sur le récipient qui contient l'acide carbonique; c'est là une machine Armstrong d'un nouveau genre.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 18 juillet 1884.

M. le Président annonce que le Conseil d'administration de l'Association française pour l'avancement des sciences a alloué à la Société une subvention de 300 francs pour contribuer à la publication des *Mémoires de Coulomb*.

M. le Secrétaire général signale l'envoie d'une note de M. *Bandsept*, de Bruxelles, ayant pour titre : *Mécanique de l'Électrolyse* (théorie de Grotthuss et de Clausius) et d'une deuxième et troisième note de

M. *Gravier*, de Varsovie, sur le fonctionnement de l'anneau de Gramme comme inducteur.

M. Pellat rappelle que Peltier attribuait les phénomènes électriques dont l'atmosphère est le siège à une couche d'électricité négative répandue à la surface du sol et dans les couches d'air qui en sont voisines.

Les progrès de la science ont confirmé les vues de Peltier. L'existence d'une couche d'électricité négative à la surface du sol est aujourd'hui hors de doute, puisque, quand le ciel est pur, le potentiel va en croissant à mesure qu'on s'élève à partir du sol; la densité μ de cette couche peut se calculer d'après la mesure de $\frac{dv}{du}$ par la formule bien connue $\frac{dv}{du} = 4\pi\mu$. Le calcul montre que la pression électrique ($p = 2\pi\mu^2$) qui en résulte à la surface du sol est trop faible pour soulever les corps les plus légers; mais, malgré cela, le champ électrique produit par cette couche a une valeur notable : c'est la valeur de $\frac{dv}{du}$ (égale, en unités électrostatiques C. G. S., à 0,0045, d'après les mesures faites à Aberdeen par sir W. Thomson et M. Joule, mais très variable d'un moment à l'autre). Il paraît probable dès lors qu'une portion de cette couche négative doit se diffuser dans l'air, mais sans que toutes ces couches puissent disparaître ainsi, parce que la condensation de la vapeur et la pluie doivent ramener l'électricité négative à la surface du sol.

Il résulterait de la présence de l'électricité négative dans l'air un accroissement de la valeur du champ électrique $\frac{dv}{du}$ à mesure qu'on s'élève.

M. Pellat pense que la terre a reçu, lors de sa formation, un excès d'électricité négative qu'elle ne peut perdre, puisqu'elle est parfaitement isolée dans l'espace.

M. Pellat montre aussi que le champ électrique produit par cette couche est bien suffisant pour expliquer par un phénomène d'influence la charge des nuages orageux. Une différence d'altitude de un à deux mètres faisant, en moyenne, varier d'une unité électrostatique le potentiel des couches atmosphériques, il en résulte que deux nuages qui subissent un déplacement relatif en altitude de 600 à 1200 mètres pourraient présenter une différence de potentiel de 600 unités, si, finalement, leur potentiel était le même. Or, d'après les expériences sur la distance explosive faites par M. Mascart, il semble légitime de

conclure que, pour une différence de potentiel de 500 à 600 unités, la longueur de l'étincelle électrique tend vers l'infini. Deux nuages se déchargeraient ainsi l'un sur l'autre, même à grande distance, avant que leur différence de potentiel ait atteint cette valeur.

En terminant, M. Pellat fait remarquer que c'est faire une supposition toute gratuite, et parfaitement inutile pour l'explication des phénomènes, que d'admettre l'existence d'une couche d'électricité positive à la limite de notre atmosphère.

M. Mascart, pour vérifier l'idée assez généralement admise de la présence de l'électricité négative dans les couches d'air voisines de la surface du sol, a installé, au parc Saint-Maur, un appareil à écoulement au milieu d'une cage à grillage métallique parfaitement clos. Il a constaté, contrairement à l'opinion répandue, que l'électrisation propre de l'air au voisinage du sol est presque toujours de même signe que le potentiel extérieur. M. Roiti a obtenu les mêmes résultats à Florence. M. Mascart pense, d'après cela, que la charge totale du globe terrestre et de l'atmosphère qui l'entoure pourrait bien être nulle. L'électrisation de l'air est très faible, mais, si faible qu'elle soit, elle permet d'expliquer l'électrisation des nuages, comme le faisait Peltier, du reste, par la distribution à la surface de toute la couche électrique contenue dans la portion de l'atmosphère où se font les condensations de la vapeur. Le calcul montre que, avec une densité électrique cubique même très faible, le nuage peut posséder ainsi un potentiel énorme.

M. Pellat, tout en renonçant à l'idée de l'électrisation négative des couches d'air avoisinant le sol, puisque les expériences de M. Mascart prouvent le contraire, fait remarquer :

1° Que l'existence de l'électricité négative à la surface du sol n'en reste pas moins un fait acquis ;

2° Que l'électrisation de l'air semble être bien faible, puisque le potentiel paraît croître, à peu près, proportionnellement à l'altitude; et que si la proportionnalité était rigoureuse, la densité électrique cubique serait nulle.

Or, si la valeur $\frac{dv}{du}$ reste comparable à ce qu'elle est à la surface du sol, dans la région des nuages, un phénomène d'influence très considérable doit se produire sur ceux-ci, et ajouter ses effets à ceux de la charge prise à l'air lui-même.

M. Pellat pense que la question ne peut être tranchée que par la

mesure de la valeur du champ électrique $\left(\frac{dv}{du}\right)$ à des hauteurs différentes en un même moment.

M. Leduc expose ses expériences sur le phénomène de Hall.

Quand on fait passer un courant suivant la longueur d'une lame métallique très mince et qu'on dispose cette lame dans un champ magnétique intense dont les lignes de force sont perpendiculaires à la surface de la lame, il se développe une force électromotrice transversale donnant naissance à un courant suivant la largeur de la lame; M. Hall attribue ce phénomène à une pression subie par l'électricité dans le champ magnétique.

M. Leduc pense que le phénomène est dû à une hétérotropie que prend le métal sous l'influence du champ magnétique. Ses expériences l'ont conduit à représenter le phénomène par la formule

$$D = k M (I - at),$$

dans laquelle D est la déviation observée des lignes équipotentielles, M l'intensité magnétique au point considéré, t la température, a et k des coefficients qui ne dépendent que de la nature du métal.

Pour le bismuth, a est sensiblement nul et k atteint la valeur élevée de trois secondes. Pour les autres métaux étudiés, les valeurs de k sont beaucoup plus petites. Les métaux qui présentent pour ce coefficient les plus grandes valeurs sont ceux qui possèdent une structure cristalline.

M. Leduc considère le phénomène de Hall comme analogue à celui de la réfraction d'un rayon normal par une substante biréfringente. Il rejette l'explication de M. Bidwell, d'après laquelle le phénomène de Peltier interviendrait dans cette expérience. Il faudrait alors que la force électromotrice transversale fût proportionnelle au carré de l'intensité du courant principal, au lieu d'être simplement proportionnelle à cette intensité, comme le montre l'expérience. M. Leduc a du reste évité la production du phénomène de Peltier en plongeant ses lames dans l'eau.

M. Leduc observe aussi une augmentation de la résistance du bismuth sous l'influence du champ magnétique. Enfin, il a reconnu que le sens de la variation de la résistance du bismuth avec la température dépend de la structure de ce métal.

M. Potier expose les résultats de ses expériences sur la force électromotrice de quelques couples.

La chaleur dégagée par les réactions chimiques qui ont lieu dans un couple doit se retrouver dans le circuit. Si E est la force électromotrice d'un couple (type Daniel), Q la quantité de chaleur exprimée en unités mécaniques, dégagée par la réaction qui accompagne le passage de l'unité d'électricité, P la quantité de chaleur absorbée en vertu de l'effet Peltier, aux contacts des divers conducteurs traversés par le courant, on aura donc

$$Q = E - P.$$

Sir W. Thomson a donné le moyen de calculer les divers termes qui composent P. On peut obtenir P d'un seul coup, en appliquant le raisonnement de sir W. Thomson à un circuit comprenant deux couples identiques opposés l'un à l'autre, et maintenus l'un à la température absolue T, l'autre à la température $T - dT$; on a ainsi un système réversible, dont le rendement $\frac{dT}{T}$, en vertu du principe de Carnot, est le rapport de la force électromotrice du système $\frac{dE}{dT}dT$ à la quantité q de chaleur à fournir au couple à température T pour maintenir sa température constante; on a donc

$$q = T\frac{dE}{dT};$$

le couple abandonné à lui-même se refroidit ainsi ou se réchauffe suivant que sa force électromotrice croît ou décroît avec la température. Mais q et P représentent la même chose: on a donc

$$Q = E\,T\frac{dE}{dT}.$$

Ce terme $T\frac{dE}{dT}$ est faible dans le couple zinc, sulfate de zinc, sulfate de cuivre, cuivre, mais non dans les couples analogues; ainsi un couple zinc-argent, avec dissolutions concentrées, a une force électromotrice *diminuant* de 0,0012 volt par degré centigrade à la température ordinaire; la force électromotrice E doit donc être de 0,36 volt environ plus faible que Q; l'expérience a donné, pour E à 18 degré, 1,51 volts et, d'après les chiffres donnés par M. Berthelot,

$$Q = 1,9^{\text{volt}}.$$

Si la force électromotrice croissait avec la température, on aurait

$E > Q$; les couples aluminium-cuivre, magnésium-cuivre, jouissent de cette propriété, et la valeur $\frac{dE}{dT}$ est très grande; pour chacun d'eux, 0,0575 et 0,006 quand l'aluminium est le pôle positif, au contraire, $\frac{dE}{dT}$ est négatif (couple zinc-aluminium); cette propriété de l'aluminium peut être mise en évidence en observant le couple cadmium-aluminium, dont la force électromotrice est à 0 degré de 0,11 volt, le cadmium étant le pôle négatif; cette force diminue rapidement avec la température, change de signe vers 28 degrés, et croît alors rapidement, l'aluminium étant devenu le pôle négatif; mais de semblables couples ne peuvent vérifier la formule ci-dessus, parce qu'ils ne sont pas *réversibles*, condition essentielle pour que les raisonnements ci-dessus aient quelque valeur.

En examinant avec plus de détail un couple réversible, on verrait que le passage du courant produit à chaque contact une variation de température, dont l'effet est de diminuer son intensité en introduisant des forces électromotrices de signe contraire à celle du couple : il en résulte une polarisation apparente, croissant avec la densité du courant, et qui ne disparaît, à circuit ouvert, que lorsque l'équilibre de température s'est complètement rétabli.

—

La Société reprendra ses séances après les vacances, le 21 novembre 1884.

FAITS DIVERS

—

Les distributions d'électricité a l'étranger. — Pendant qu'on dépense en France tant de capitaux et tant d'activité pour résoudre le problème de la transmission économique de grandes forces à de grandes distances, problème qui ne nous intéresse que très indirectement, puisque l'application dans notre pays ne pourra être que l'exception, on cherche au contraire, dans un certain nombre de grandes villes de l'Europe et de l'Amérique, à réaliser la *distribution* de l'électricité à domicile dont l'utilité et les bénéfices paraissent, à notre humble avis, beaucoup plus directs et immédiats.

C'est ainsi, par exemple, que la *Société suisse d'électricité*, fondée à Lausanne le 1er juillet 1882, s'est développée régulièrement dans le but de distribuer l'énergie électrique pour l'éclairage de l'Hôpital cantonal vaudois et des particuliers.

Elle a commencé par conclure avec l'État une convention pour dix ans, pour l'éclairage électrique de l'Hôpital cantonal, et a construit à cet effet une usine spéciale avec trois turbines et trois machines dynamo-électriques. Cette usine alimente 236 lampes Edison de 4, 8 et 16 bougies, à la satisfaction de l'administration.

Ensuite, une usine centrale d'électricité pour l'éclairage des magasins, bureaux, cafés, brasseries, etc., a été établie à Lausanne, et le nombre des abonnés a été toujours en augmentant.

Actuellement, cette usine comprend 2 turbines de 35 chevaux chacune et deux machines dynamo-électriques, desservant 72 abonnés représentant 280 lampes.

L'usine centrale utilise 2 doubles circuits comportant ensemble 3600 mètres de câbles de cuivre de 63 millimètres carrés de section effective, en majeure partie recouverts en plomb. Ils servent à l'éclairage : l'un, des quartiers à l'orient; l'autre, de ceux à l'occident et au centre de la ville. Ces circuits sont aériens, et sur eux se branchent les fils des abonnés.

Le développement de l'usine centrale aurait été plus rapide et plus considérable, si les machines avaient été livrées dans les délais convenus.

A côté de cette exploitation pour éclairage, la Société a entrepris en automne 1883 la pose des sonneries électriques, téléphones, contacts de sûreté, et en général tout ce qui concerne les applications de l'électricité.

Cette branche nouvelle s'ajoute utilement à ses travaux d'installation de lumière électrique pour lesquels les ouvriers de la Société sont bien formés.

Nous n'avons pas à considérer cette affaire au point de vue financier : quels que soient les résultats économiques obtenus jusqu'ici, l'entreprise est louable et nous lui souhaitons tout succès. Nous avons cité seulement cette installation pour faire remarquer que, si l'on n'y prend garde, la France va se trouver la dernière nation de l'Europe à posséder, ou plutôt à ne pas posséder une seule ville dans laquelle on distribue l'électricité à domicile, après avoir été une des premières à signaler la voie à suivre pour la réaliser. C'est peu encourageant!

—

J. B. Dumas. — La Société scientifique et littéraire d'Alais a pris l'initiative de l'érection d'une statue à la mémoire de Jean-Baptiste Dumas, sur une des places d'Alais, sa ville natale. Un comité de patronage, présidé par M. Pasteur, fait appel à tous les amis de la science pour donner à M. Dumas cet éclatant témoignage de reconnaissance et d'admiration.

Le Conseil de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale a décidé qu'une liste de souscription individuelle serait ouverte dans ses bureaux pour tous ceux qui voudraient s'associer à l'hommage rendu à l'illustre savant.

(Prière d'adresser les mandats de poste ou autres valeurs, à M. Ginestou, archiviste de la Société d'encouragement, rue de Rennes, 44, à Paris.)

DES CAUSES PERTURBATRICES DANS LES TRANSMISSIONS TÉLÉPHONIQUES. — Toutes les personnes qui ont eu l'occasion de se servir d'un téléphone ont pu constater que, à certains moments, il était fort difficile de s'entendre. La voix se trouvant plus ou moins voilée par un bruit tout particulier appelé *friture*. Ces effets fâcheux sont dus à des causes perturbatrices qu'il est intéressant d'étudier de très près, afin de chercher les moyens sûrs pour les faire disparaître. Cette étude a été présentée par M. E. Van Hoey à l'Association des ingénieurs sortis de l'École polytechnique de Bruxelles.

Les actions perturbatrices qui se constatent dans les transmissions téléphoniques peuvent exister soit au poste transmetteur, soit sur la ligne, soit au poste récepteur, soit enfin à deux de ces sièges et même dans les trois à la fois. On conçoit que, en présence des difficultés de toutes sortes que présente le problème qui nous occupe, il soit absolument nécessaire d'analyser de très près les conditions particulières dans lesquelles peuvent se trouver les éléments d'un tel moyen de communication.

En tenant compte seulement des parties essentielles, on sait qu'un poste microtéléphonique comprend : un microphone transmetteur à pile, une sonnerie avec ou sans pile et un téléphone récepteur. Un poste purement téléphonique comprend : une sonnerie à pile et un téléphone servant à la fois de transmetteur et de récepteur.

D'ordinaire, ces appareils sont disposés sur une même planchette fixée à l'une des parois de la chambre où se fait l'émission ou la réception de la parole.

La façon de grouper les éléments d'un même poste ne peut présenter aucun inconvénient lorsqu'il s'agit de communications purement téléphoniques. Il n'en est pas de même lorsque cette disposition est utilisée pour un poste microtéléphonique.

La pile la plus couramment employée est celle de Leclanché, à vase poreux, composée, comme chacun le sait, d'un vase en verre renfermant une dissolution de chlorhydrate d'ammoniaque baignant un vase poreux qui contient un mélange de charbon et de peroxyde de manganèse et dans lequel plonge une lame de charbon de cornue. Un crayon en zinc, plongé dans le chlorhydrate d'ammoniaque, forme le pôle négatif ; le pôle positif est formé par la lame de charbon.

Lors du passage du courant, il se forme de l'oxychlorure de zinc et le peroxyde de manganèse se trouve réduit ; il y a également dégagement de gaz ammoniac. Pour assurer une bonne marche, il faut éviter d'inonder le mélange contenu dans le vase poreux, car le gaz ammoniac pourrait difficilement se dégager, ce qui amènerait la polarisation de l'élément. On admet généralement que le liquide ne doit monter que jusqu'à la moitié de la hauteur du vase poreux

En examinant les phénomènes que présente une pile, on constate la formation de cristaux à la fois sur le vase en verre, sur le vase poreux et sur le crayon de zinc.

Il est facile de se rendre compte de ce fait par une expérience fort simple.

Dans un vase en verre contenant de l'eau jusqu'au tiers de sa hauteur, et

placé dans une chambre où règne une moyenne de température de 15 degrés environ, on jette du chlorhydrate d'ammoniaque. Après trois ou quatre jours, on constate la présence d'un léger dépôt de sel formant, au-dessus du niveau du liquide, une bande de 0m,005 de largeur. Cette bande s'accroît et finit par gagner, après un mois environ, la tranche supérieure du vase, pour redescendre ensuite progressivement sur la paroi extérieure et atteindre la partie inférieure au bout de deux mois et demi, à peu près.

On donne aux cristaux qui constituent la bande dont nous venons de parler le nom de sels grimpants.

Si, après avoir opéré, comme il vient d'être dit, on plonge un crayon zinc dans le liquide, on ne constate aucun changement dans les phénomènes qui restent tels que les avait fait découvrir là première observation. Aucune action chimique ne se manifeste par un changement quelconque des sels grimpants, pas plus que des cristaux ne se déposent sur le crayon de zinc. Donc les cristallisations qui se forment sur les vases sont différentes de celles qui se montrent sur le zinc et les premières, qui prennent naissance dans un liquide ne contenant que du chlorure d'ammonium, ne peuvent être formées que de ce dernier sel.

Celles qui garnissent le zinc, et qui n'existent que dans des piles ayant déjà fonctionné, sont constituées par du chlorure de ce métal, ce qui peut l'expliquer de la manière suivante :

Le chlorure de zinc qui se produit sous l'action du courant électrique a besoin, pour se dissoudre, d'un liquide contenant du chlore. Dès que ce corps commence à faire défaut, le chlorure se dépose sous forme de cristaux en tombant au fond du récipient. La formation des sels grimpants ayant pour conséquence l'appauvrissement du liquide chloruré est cause du dépôt des cristaux de sels de zinc.

Pour avoir une bonne réception de la parole, il importe donc que la pile soit dans des conditions telles que, sans empêcher complètement la formation des sels grimpants, ce phénomène soit retardé autant que possible. La formation des sels produit une diminution de la quantité du liquide actif en provoquant également la formation de cristaux sur le zinc, ce qui augmente la résistance de l'élément.

De ce qui précède, il semble résulter qu'avec le dispositif qui consiste à grouper, sur une même planchette, tous les appareils d'un poste microtéléphonique, y compris la pile, ce dernier élément du système se trouve dans un milieu où la température est trop élevée.

Étudions maintenant au point de vue tout spécial qui nous occupe le microphone transmetteur. L'élément le plus important qui entre dans sa composition est le charbon. Il ne faut pas que ce corps soit poussiéreux, car, par les vibrations de l'appareil, des molécules de charbon s'accumulent entre les contacts en provoquant les crachements si désagréables que l'on connaît.

Le même effet peut se produire avec d'autres poussières sèches. Comme les précédentes, elles peuvent être facilement délogées par quelques coups secs donnés sur la boîte du transmetteur.

Les charbons à lumière dont on se sert quelquefois et qui sont obtenus

en soumettant à une haute température un mélange formé de coke très pur en poudre fine, de noir de fumée calciné et de sirop de sucre.

Examinés à la loupe ces charbons présentent un certain nombre de petits points blancs qui semblent être formés de grains de sucre, non complètement carbonisés, et qui imprègnent la surface d'une légère humidité. Cet effet est suivi de la désagrégation des charbons et de la formation de poussières humides qui ne se détachent que difficilement des contacts.

On peut faire disparaître cette cause de perturbation, en polissant la surface des charbons de manière à leur donner l'apparence d'un corps métallique.

En ce qui concerne la sonnerie, M. Van Hoey affirme que le choix doit se porter de préférence sur la sonnerie magnétique, c'est-à-dire fonctionnant sans pile. Portant elle-même le crochet commutateur auquel est suspendu le téléphone, au repos, elle supprime la présence de cette pièce métallique dans le microphone et, tout en rendant plus mat le son de celui-ci, elle affaiblit les chocs, toujours si nuisibles aux charbons, auxquels donne lieu l'enlèvement du téléphone hors du crochet commutateur.

De cette façon, le ressort de rappel du crochet commutateur peut être tendu davantage. On assure ainsi un meilleur contact et l'on supprime une cause d'affaiblissement de la voix.

La ligne est aussi le siège de perturbations importantes. Ainsi, quand elle possède un joint rouillé ou mal soudé, la résistance augmente et l'intensité du courant diminue. Il peut arriver également que le fil touche un conducteur en communication avec la terre, ou bien que la ligne elle-même soit mal isolée. Il en résulte un affaiblissement du courant qui actionne le téléphone récepteur.

Nous ne ferons que signaler ici les perturbations dues aux phénomènes d'induction qui se produisent avec quelque intensité sur les fils téléphoniques installés dans le voisinage de fils télégraphiques.

Quant au téléphone, on peut dire que le seul défaut qu'il puisse présenter est celui dû à l'ondulation de la plaque vibrante, quand l'appareil se trouve dans un endroit humide ou qu'il sert de transmetteur.

Il arrive, quelquefois, que la plaque se colle complètement contre l'aimant en empêchant toute perception de la parole. Il suffit alors de chauffer légèrement l'appareil ; la plaque reprend sa forme primitive en se détachant de l'aimant. C.

—

Concours pour une lampe de sureté. — On se souvient qu'il y a environ deux ans, M. Ellis Lever, de Culcheth Hall, Cheshire, avait offert un prix de 500 livres (12 500 francs), pour une lampe de mineur portative, et ne présentant aucun danger d'explosion ou d'incendie, quelles que soient les conditions d'emploi.

Nous apprenons que le jury d'examen, composé de MM. Thomas Burt, nommé par l'Association nationale des mineurs ; professeur Grylls Adams, par le conseil de la Société royale ; sir Frédéric Abel, par le conseil de la Société

des arts, et professeur Silvanus Thompson, par le donateur, M. Lever, n'a pas cru devoir décerner le prix.

Après avoir examiné 108 lampes, dont 4 électriques et 104 à huile, quelques-unes de ces dernières brûlant des huiles minérales, et après les avoir soumises à une série d'expériences d'une sévérité graduellement croissante, le jury a déclaré qu'aucune d'elles ne réunissait toutes les conditions exigées pour obtenir le prix.

—

Le rat et le furet employés a la pose des fils télégraphiques. — *The Operator* nous rapporte une histoire qui nous paraît digne d'être mise sous les yeux de nos lecteurs, sinon pour sa véracité, du moins pour son originalité.

Vers 1858, raconte l'*Operator*, les fils télégraphiques à Londres étaient pour la plupart souterrains, disposés dans de grands tunnels qui renfermaient aussi les tuyaux de gaz et les égouts. Ces tunnels étaient assez grands pour qu'un homme puisse y circuler facilement, les visiter et les réparer à l'aise. Mais les tuyaux renfermant les fils secondaires étaient de faibles dimensions, et se développaient souvent sur une longueur de plusieurs kilomètres. Un jour on retira l'un de ces fils du tuyau, mais, par une erreur inconcevable, l'ouvrier chargé de ce travail oublia d'attacher à l'autre extrémité du conducteur un fil permettant de le ramener en place après la réparation.

L'ouvrier négligent répara son erreur par un trait de génie..... Il attacha à la queue d'un gros rat un fil fin en acier et il lâcha le rat dans le tuyau en le faisant suivre d'un furet. Le rat s'avança quelque peu, puis le déroulement du fil s'arrêta. On craignait qu'il ne se fût produit une rencontre, puis une bataille suivie de la mort du rat. Il n'en était rien heureusement, car, peu de temps après, il repartait de plus belle. C'était une fausse alerte. Le rat parcourut tout le tuyau harcelé par le furet en amenant le bout du fil d'acier à l'autre extrémité du tuyau.

—

On lit dans les journaux politiques : M. le docteur Cornélius Herz vient, sur la proposition de M. le ministre des postes et des télégraphes, d'être nommé commandeur de la Légion d'honneur *pour ses travaux en électricité*.

—

Un nouvel accumulateur. — Ce nouvel accumulateur, dû à M. Denis Monnier appartient au genre Planté. Sa formation est faite en profondeur, et c'est le procédé employé pour obtenir rapidement cette formation profonde qui constitue la nouveauté du système.

Voici quelques renseignements fournis à son sujet par M. E. Reynier dans le *Génie civil*.

Les électrodes sont des plaques de 3 millimètres d'épaisseur fondues en *alliage de plomb et zinc;* le zinc est éliminé par des immersions réitérées dans des lessives caustiques et dans l'eau acidulée sulfurique; il laisse des

vides nombreux et fort petits qui constituent le plomb restant à l'état d'électrode poreux, perméable dans toute son épaisseur aux actions électrolytiques.

L'élimination du zinc doit être complétée par la *formation*. Sous l'action d'un courant dont on change plusieurs fois le sens, les deux électrodes tour à tour positives livrent leurs dernières traces de zinc à l'état de sulfate de zinc qui se dissout dans le liquide. Il faut renouveler souvent l'eau acidulée sulfurique; faute de cette précaution, le zinc restant serait indéfiniment véhiculé d'une électrode à l'autre, et la formation ne pourrait s'achever.

Les décapages réitérés, les lavages nombreux et les *retournements* obligatoires avec renouvellement fréquent du liquide rendent la formation laborieuse et coûteuse, mais cet inconvénient est compensé par l'avantage d'avoir des plaques plus compactes, plus homogènes et probablement plus durables. Le mode de construction et de liaison des plaques et des électrodes a pu aussi être beaucoup simplifié.

L'accumulateur renfermant 19 kilogrammes de plaques, et 4 kilogrammes d'eau acidulée sulfurique pèse en tout 29 kilogrammes. Il peut débiter 23 ampères, avec une force électromotrice de 1,86 volt et fournir 520 000 coulombs (144 ampères-heure), ce qui représente environ un tiers de cheval-heure.

La capacité de cet accumulateur est inférieure à celle des appareils Faure-Sellon-Volckmar.

M. Emile Reynier attribue cette infériorité à l'insuffisante quantité d'acide sulfurique libre qui baigne les électrodes. Nous enregistrons cette manière de voir avec d'autant plus de plaisir que nous la partageons depuis fort longtemps, et que nous avons toujours protesté contre la déplorable habitude des constructeurs d'accumulateurs de ne considérer que les plaques comme *matière active*, ce qui est absolument inexact.

L'accumulateur Monnier est en expérience depuis deux ans et demi dans les ateliers de la *Société genevoise de constructions mécaniques*. Nous espérons qu'il ne tardera pas à paraître à Paris pour nous faire apprécier ses qualités.

Le comité des unités électriques de l'association britannique. — Voici la résolution prise par le comité dans sa séance du 28 juin dernier :

« Dans le but d'établir des étalons pratiques de résistance électrique, le « nombre d'unités B. A. adopté comme représentant la résistance d'une « colonne de mercure de 100 centimètres de longueur et d'un millimètre « carré de section à la température 0 degré centigrade sera de 0,9540. »

Il en résulte que l'ohm légal du congrès de Paris qui est défini comme la résistance d'une colonne semblable de 106 centimètres de longueur contient 1,0112 B. A. U. tandis que le B. A. U. contient 0,9889 ohm légal.

Les résistances exprimées en unités B. A. peuvent être réduites en ohms légaux en les multipliant par le facteur 0,9889, tandis que les constructeurs et tous ceux qui ont un étalon B. A. peuvent établir un ohm légal en faisant une bobine égale à 1,0112 fois cette unité.

En notifiant cette décision, M. R. T. Glazebrook, le secrétaire du Comité, fait remarquer qu'elle a été rendue nécessaire par ce fait que l'ohm légal est défini par la résistance d'une colonne de mercure, tandis que les résistances employées en Angleterre sont des unités B. A. Les différents observateurs qui ont établis le rapport des unités ont trouvé des nombres très concordants. Le Comité a l'espoir d'assurer l'uniformité des résistances mises dans le public comme ohm légaux en faisant connaître le nombre qu'il convient d'adopter dans la fabrication des étalons.

—

Un nouveau ballon dirigeable électrique. — M. le capitaine du génie Renard vient de faire récemment aux ateliers de l'école d'aérostation de Chalais, près de Meudon, un premier essai d'un ballon allongé mis en mouvement par une hélice actionnée par un moteur électrique alimenté par des piles.

Le ballon se serait élevé dans une atmosphère relativement calme, aurait évolué avec facilité, et serait revenu à son point de départ après un virage complet et un voyage de 25 minutes.

Nous espérons que M. le capitaine Renard présentera prochainement à l'Académie des sciences quelques détails techniques sur son intéressante expérience, et nous nous empresserons de les communiquer à nos lecteurs.

—

Détermination de la capacité absolue de quelques condensateurs en mesure électromagnétique par M. Schneebeli — La méthode consiste à charger un condensateur par une force électromotrice connue P et à le décharger dans un galvanomètre pour lequel on connaît la quantité d'électricité e, qui produit une déviation d'une division de l'échelle. Soit x le nombre de divisions donné par la décharge, C la capacité du condensateur, on a :

$$C = \frac{ex}{P}.$$

Pour déterminer e, M. Schneebeli a procédé : 1° avec l'aide de l'induction voltaïque ; 2° avec l'aide de l'induction terrestre.

Dans le premier cas, il a employé deux spires de forme circulaire, déjà utilisées par M. H.-F. Weber. Le potentiel électrodynamique réciproque des deux circuits est calculé en unités absolues ; de même pour l'intensité du courant inducteur. La résistance du circuit induit est mesurée en unités de mercure et multipliée par le nombre $0{,}955.10^{10}$ (système millim., milligr., seconde), ce qui revient à admettre pour l'ohm vrai la valeur $1^{m},047$, voisine de l'ancienne unité de l'Association britannique. M. Schneebeli trouve dans deux séries de mesures faites dans deux positions différentes, des valeurs $0{,}9651.10^{-16}$ et $0{,}9637.10^{-16}$ de la capacité de son condensateur.

Dans le second cas, il calcule la quantité d'électricité développée par une rotation de 180 degrés autour d'un axe vertical d'un inducteur terrestre. Celui-ci contenait 678 tours de fil avec un diamètre moyen de $269^{mm},38$. On est conduit, pour la capacité du condensateur, à la valeur $0{,}9662.10^{-16}$. Le condensateur étalon vaut, par suite (à la température de 22 degrés), 0,9650 microfarads.

Le procès de la Société générale des téléphones. — La Société générale des téléphones a assigné, le samedi 9 août 1884, quatorze constructeurs ou inventeurs ayant fait usage de charbon pour la construction de transmetteurs microphoniques, dont la Société revendique l'usage exclusif, garanti, suivant elle, par un brevet d'Edison dont elle est propriétaire. Ces inventeurs et constructeurs sont : MM. Paul Bert, d'Arsonval, Locht-Labie, d'Argy, Baillehache, de Branville, Breguet, Journaux, Fontenilles, Maiche, Mildé, Corneloup, etc.

Après une vive discussion soulevée par la Société des téléphones relativement au choix des experts, le tribunal a confié l'examen de cette question téléphonique à un métallurgiste, M. Périssé, un théoricien, M. Potier, et, enfin, un homme du métier, M. Clérac, ingénieur du ministère des Postes et des Télégraphes. Nous attendons avec impatience le rapport des experts qui sera déposé dans trois ou quatre mois.

—

Une explication du fonctionnement de la machine de Holtz par M. E. Dubois. — On sait que la machine de Holtz simple cesse d'être amorcée aussitôt que s'arrête le plateau mobile, tandis que, dans une atmosphère convenable, une machine double peut parfois être encore amorcée une demi-heure après qu'on a cessé de faire tourner ce plateau.

Voici comment je propose d'expliquer ces faits. Le papier parchemin qui est l'excitateur d'électricité de la machine n'est pas un parfait conducteur, mais est un médiocre isolant ; comme il est terminé par une pointe, il perdra son électricité dans la machine simple dès qu'il cessera de faire fonctionner l'appareil. Mais, dans la machine double, deux papiers se trouvent en présence, les pointes en regard ; dès lors, ils fonctionnent comme deux conducteurs isolés A et B, armés de pointes en regard. Si l'on a électrisé de la même manière, positivement par exemple, A et B, la répulsion mutuelle des deux électricités de même nom empêchera l'électricité de s'échapper par les pointes, et les conducteurs pourront rester électrisés pendant assez longtemps, si l'air est sec et si les supports sont bien isolants.

J'ai vérifié expérimentalement le maintien de la charge sur deux conducteurs isolés, armés de pointes en regard. J'ai pris pour cela deux cylindres isolés servant aux expériences fondamentales de l'influence électrique ; j'ai fixé à chacun d'eux une épingle avec un peu de cire, les deux pointes se trouvant à $0^m,02$ de distance. Puis réunissant ces deux cylindres avec un excitateur à manche de verre, j'ai mis l'un d'eux, avec un excitateur semblable, en communication avec une source intense. J'ai supprimé la communication avec la source, puis la source, et enfin la communication des deux cylindres entre eux, et, pendant un temps assez long, les doubles pendules des cylindres ont continué à diverger.

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9813. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

DES CAUSES DE LA MORT

PAR LES ACTIONS ÉLECTRIQUES INTENSES

Les accidents produits par l'action des courants intenses sont devenus assez fréquents dans ces dernières années; c'était une conséquence prévue, on peut le dire, du développement de l'industrie électrique. Il serait sans grand intérêt de faire ici le relevé des accidents qui ont été signalés, parce que, en général, les conditions dans lesquelles ils se sont produits sont mal définies, et parce que l'on n'a pas de détails sur les désordres internes qui ont pu prendre naissance et que l'on pourrait considérer comme la cause de la mort.

A cause de cette absence de documents précis, nous pensons qu'il ne sera pas sans intérêt de donner des renseignements détaillés sur l'accident arrivé aux Tuileries lors de la fête de la Presse (6 août 1882), accident qui amena la mort de deux personnes. A la suite de cet accident nous avons été chargés, M. le professeur Brouardel et moi, de faire un rapport; pour des raisons d'ordres divers, nous avons cru devoir en différer la publication, qui est aujourd'hui sans inconvénient.

Voici le résumé rapide de l'accident :

Pendant la soirée, deux jeunes gens, en essayant de franchir le mur du saut de loup qui sépare le jardin des Tuileries de l'ancien jardin réservé, se prirent dans un fil électrique établi pour éclairer la fête. Un garde de Paris, qui avait été témoin du fait, ne les voyant pas reparaître, se rendit aussitôt vers l'endroit où ils étaient descendus et les trouva étendus dans le fossé : l'un était mort, l'autre mourut quelques minutes plus tard.

Voici d'abord le rapport que nous avons fait à cette occasion :

Description des lieux. — Le lieu où se sont produits les accidents ayant amené la mort des sieurs Martin (Émile) et Kenarec (Joseph), est le saut de loup qui sépare l'ancien jardin réservé du jardin des

Tuileries dans la partie comprise entre la Seine et l'allée centrale. Ce fossé, ou saut de loup, rectiligne sur une partie de sa longueur, présente un angle rentrant, puis se continue par un quart de circonférence qui aboutit à l'allée centrale.

Le fossé, du côté du jardin réservé, présente un talus assez raide (45 degrés environ), recouvert d'un gazon qui fait suite aux parterres gazonnés existant dans le jardin réservé et aux massifs d'arbres et d'arbustes, parterres et massifs d'une largeur de plus de 10 mètres au droit de la partie où se sont produits les accidents.

Lors de notre visite, la partie gazonnée en talus présentait des traces très nettes de dégâts produits par le piétinement de personnes ayant descendu ou gravi ce talus. Le talus gazonné n'aurait pas été arrosé le 6 août, jour de l'accident, paraît-il; mais il importe de noter que, après les temps humides que nous venons de traverser, ce gazon ne pouvait être complètement sec.

Le fond du fossé, d'une largeur de 1 mètre, est constitué par de la terre légèrement battue, mais dont la surface avait été récemment ratissée lors de notre visite. Au-dessous du sol, dans la longueur du fossé, règne un égout de dimensions suffisantes pour donner passage à un homme. Dans cette galerie, vers la partie supérieure, est suspendue une conduite métallique.

Enfin un regard, recouvert par une plaque en fonte à jour, existe à l'extrémité de la partie rectiligne, proche le côté qui contribue à former l'angle rentrant.

La seconde face du fossé est constituée par un mur vertical en maçonnerie, d'une hauteur de $1^{m},90$, présentant, de distance en distance, des parties avancées correspondant aux piédestaux des statues qui existent dans le jardin. A mi-distance entre ces avancées, se trouvent des descentes d'eau en métal, terminées à leur partie supérieure par une cuvette ouverte. Les cuvettes se terminent au-dessous de la corniche qui limite le mur. Enfin, en arrière, du côté du jardin des Tuileries et en retrait de $0^{m},30$ sur l'arête du bandeau, règne dans toute sa longueur une balustrade métallique de 1 mètre de hauteur, fixée dans l'assise de pierre qui forme le couronnement du mur par des montants métalliques espacés de 2 mètres.

Du côté de l'allée centrale, vers le point où se termine le fossé, des clôtures en fil de fer existent pour empêcher la descente du public dans le saut de loup. Ces clôtures sont détériorées, comme si elles avaient été soumises à l'action d'une foule pressée.

Les fils servant à la transmission de l'électricité sont au nombre de deux : d'une part ils aboutissent près de l'allée centrale, à un chevalet élevé, dressé dans le jardin des Tuileries; d'autre part, ils

s'élèvent vers un arbre où ils sont fixés par des isolateurs, puis se dirigent vers un autre poteau.

Aux deux extrémités, dans la partie descendante, les fils sont garnis, recouverts de matières isolantes. Ces fils sont ensuite placés horizontalement sur la face du mur, au-dessous du bandeau, et sont maintenus en place par des cordelettes attachées de distance en distance aux montants de la balustrade, et cela jusqu'à une certaine distance des points où ils ont pris la direction horizontale, de chaque côté. Dans la partie moyenne, celle où se sont produits les accidents, il convient d'examiner en détail les dispositions qu'ils présentent.

L'un des fils continue à être garni, isolé dans toute sa longueur : il est fixé au sommet de l'angle rentrant que nous avons signalé, puis de là se dirige vers un point voisin de la descente d'eau; dans cette étendue il est lâche et décrit par son poids une courbe à concavité supérieure, de telle sorte qu'il arrive à toucher un des angles saillants du talus.

D'après la déposition de l'ingénieur de la maison X..., qui avait établi cette installation, le fil ne devait pas présenter de parties lâches; il devait suivre le nu du mur jusqu'au point où il était fixé, et de là se diriger rectilignement vers le sommet de l'angle rentrant. Ce point peut être considéré comme acquis; on a retrouvé, en effet, après le fil garni une cordelette placée au point où il devait être fixé après le montant de la balustrade, et qui présentait des traces encore fraîches de rupture.

Le second fil cesse d'être garni vers l'extrémité de la partie circulaire; à partir de ce point, il est supporté par des isolateurs en porcelaine fixés d'une manière suffisamment solide par des liens en fil de fer. Le fil était tendu assez fortement pour que, même par une très forte tension, il fût impossible de lui faire toucher les pièces métalliques (cuvette de descente d'eau) près desquelles il passait. A l'autre extrémité, il se continuait avec le fil garni.

Il ne paraît pas que ce fil ait subi de modifications dans sa position depuis son installation.

Conditions matérielles dans lesquelles les accidents ont eu lieu. — De l'examen des lieux, de la comparaison des dépositions faites par les témoins et du résultat des autopsies, on peut concevoir, suivant nous, dans quelles conditions matérielles les accidents ont eu lieu.

1° Le nommé Kenarec était placé au sommet du talus, ou sur le talus près de l'angle rentrant. Il reçut un choc, une poussée ou fit un faux pas (peut-être était-il sous l'influence du vin) et descendit précipitamment et malgré lui le talus. Il rencontra alors le fil garni

qui était tendu et qui, l'attrapant au milieu du corps, le fit tomber. Sous l'influence de cette secousse, la cordelette fut brisée, le fil devint lâche et Kenarec fut projeté en bas. Instinctivement il étendit les mains en avant, saisit le fil nu et reçut alors le choc électrique, ses pieds portant encore sur le talus. On pourrait penser que dans cette chute les pieds rencontrèrent la plaque de fonte située au pied du talus ; mais je ne le crois pas, et les dépositions des témoins ne donnent pas de détails assez précis pour que l'on puisse apprécier exactement la manière dont la chute s'est produite.

2° Martin était dans le fossé et cherchait à s'élever de manière soit à voir dans le jardin, soit à y pénétrer. Ayant posé la main droite au sommet de la corniche ou sur le fil garni, il prit le fil nu de la main gauche et, par le mouvement d'élévation qu'il chercha à se donner, approcha le fil de la figure où se produisit une large brûlure. Il tomba sans doute aussitôt et le fil qu'il lâcha alla frapper vers l'oreille, mais légèrement, n'étant plus maintenu par la main.

Il nous eût paru plus commode de concevoir que la main droite était posée sur la cuvette du tuyau de descente des eaux qui faisait une saillie. Mais, bien que les dépositions ne soient pas bien précises, il semble que la chute a eu lieu à quelque distance de ce tuyau.

Causes physiques de la mort des sieurs Martin et Kenarec. — Après avoir décrit la disposition des lieux et des conducteurs, et nous être rendu compte des conditions matérielles dans lesquelles ont dû se produire les accidents, il importe d'élucider la question plus spécialement au point de vue physique.

Il résulte des dépositions de l'ingénieur de la maison X..., que le circuit dont faisait partie le fil qui a occasionné la mort des sieurs Kenarec et Martin comprenait 12 lampes Siemens, actionnées par une machine à courants alternatifs placée dans la cour des Tuileries. Le nombre des lampes placées ainsi dans le circuit permet bien d'évaluer la différence *moyenne* de potentiel qui devait exister entre le fil d'aller et le fil de retour, différence qui devait être de 500 volts environ. La différence de tension entre l'un des fils au point considéré et le sol ou l'air ambiant doit être considérée comme approximativement égale en moyenne à la moitié de cette valeur, soit 250 volts. Mais il importe de remarquer que, dans les machines où le courant est produit par une induction, la différence de potentiel ne conserve pas une valeur constante, comme s'il s'agissait du courant fourni par une pile, mais passe par des valeurs alternativement maxima et minima, le maximum ayant nécessairement une intensité notablement supérieure à la moyenne.

La durée de la période de variation du courant est très courte, de telle sorte que, quelque faible que soit la durée du contact matériel, ce contact doit comprendre un maximum au moins, de telle sorte que la valeur de ce maximum serait intéressante à signaler, mais elle est inconnue d'une manière précise. Dans le cas des courants alternatifs, la différence de potentiel entre les valeurs absolues des deux maxima de sens contraires qui se succèdent à un très court intervalle de temps peut être regardée comme approximativement égale au double de la valeur absolue de l'un d'eux.

Quoi qu'il en soit, le contact s'est produit avec un fil où circulait un courant correspondant à de l'électricité à un potentiel très supérieur à celui de l'espace ambiant.

Il est difficile de préciser le mode d'action de l'électricité. Y a-t-il eu une décharge statique? S'est-il produit un courant entre le fil et la terre? Y a-t-il eu à travers le corps des malheureux qui ont été tués une simple dérivation de courant?

Les deux premières hypothèses, sans être absolument inadmissibles, ne paraissent pas probables. On sait, en effet, dans tous les ateliers où l'on emploie de puissants courants électriques que l'on peut impunément toucher les conducteurs lorsqu'on est posé sur un sol qui, sans être un isolant parfait, est au moins un conducteur imparfait. Or, dans ce cas les conditions semblaient être analogues : le sol, surtout dans le cas de Martin, était sec ou à peu près et conséquemment mauvais conducteur. Nous ne croyons pas que la présence du tuyau métallique dans l'égout puisse avoir une influence appréciable. Pour Kenarec, le gazon était peut-être moins mauvais conducteur, mais il était à peu près sec cependant puisqu'il n'avait pas été arrosé. Nous avons déjà dit que nous ne pensions pas que les pieds de cet individu aient pu toucher la plaque de fonte du regard de l'égout pendant que ses mains tenaient le fil.

A l'appui de notre opinion il convient d'ailleurs de citer la déposition du témoin Hubert (Charles) qui, placé également dans le fossé, a touché le fil nu avec la main; son bras a été rejeté en arrière par la commotion qu'il a ressentie, mais il n'a pas éprouvé d'autre accident.

Il faudrait donc admettre que la mort a été le résultat du passage d'une partie du courant à travers le corps mis en contact par deux points différents avec le fil nu.

Cette condition de double contact paraît s'être produite dans l'un et l'autre cas : il résulte en effet de l'autopsie que, chez le sieur Kenarec, les deux mains portent des traces nettes de brûlure et que, chez le sieur Martin, la joue, le cou et l'oreille, d'une part, ont été manifestement brûlés par le contact avec le fil et que, d'autre part,

la main gauche présentait une trace que l'on peut attribuer également à une brûlure.

Cette opinion à laquelle nous sommes ainsi conduit revient donc à admettre que la mort a été causée par la dérivation d'une partie du courant à travers le corps. L'intensité du courant dérivé ainsi produit n'a pu être qu'une faible fraction du courant total, car la résistance offerte au passage de l'électricité par les parties organisées traversées est énorme comparée à la résistance d'un fil de cuivre de 6 millimètres de diamètre et d'une longueur de quelques décimètres qui représente la distance comprise entre les points où la dérivation s'est établie. Mais il est loin d'être prouvé que, dans l'action de l'électricité sur les êtres organisés, ce soit l'intensité du courant, c'est-à-dire la quantité d'électricité, qui donne la mesure des affections effectuées. Peut-être même est-ce la chute de potentiel qu'il conviendrait de faire intervenir. Peut-être aussi (et nous serions personnellement porté à admettre qu'il en est ainsi), est-ce l'énergie qui détermine la grandeur de l'action, c'est-à-dire le produit de la quantité d'électricité par la chute de potentiel.

Nous ferons remarquer en passant qu'il existe quelques notions analogues pour les effets produits par la chaleur. L'importance des brûlures est déterminée bien plus par la température (qui correspond au potentiel) que par la quantité de chaleur.

Pendant le contact, même court, il faut concevoir d'ailleurs que le corps ainsi placé en dérivation dans le courant a participé aux variations de grandeur du potentiel qui se manifestait dans les fils par suite des courants alternatifs, et que son potentiel a dû passer très rapidement par des valeurs très différentes.

Et d'ailleurs, pour expliquer la mort, il n'est pas nécessaire de supposer une action bien énergique : l'électricité n'a pas produit directement des désordres matériels graves, pouvant être par eux-mêmes la cause de la mort. Les brûlures qu'on a constatées, seules conséquences immédiates de l'action de l'électricité, n'avaient par elles-mêmes aucune gravité. L'électricité a agi indirectement en suspendant en partie l'action du système nerveux, et c'est cette suspension qui est la cause de la mort. L'action qui se manifeste dans ce cas est comparable à celle d'un cliquet que le plus faible effort suffit à déplacer et qui, tombant sur une roue dentée, suffit pour immobiliser une puissante machine : il n'y a aucune relation entre la grandeur de la cause et celle de l'effet produit.

Il peut sembler, mais c'est un point que nous n'abordons que sous toutes réserves, que l'action sur le système nerveux à laquelle nous faisons allusion, serait celle de l'électricité sur les parties supérieures

de la moelle, ce qui s'accorderait bien avec la manière dont ont été atteints Kernarec et Martin.

Disons en passant que les brûlures observées doivent être dues à la décharge qui s'est produite entre le fil et la peau lors de la séparation, et non au contact du fil que le courant aurait échauffé. Outre qu'un fil de cuivre rouge de 6 millimètres de diamètre environ, surtout placé en plein air, la nuit, ne peut guère s'échauffer de plus de quelques degrés, il est à signaler que le témoin Hubert (Charles) qui a touché le fil n'a point indiqué qu'il eut perçu une élévation de température appréciable.

Nous ne croyons pas avoir à insister sur les résultats des autopsies faites, l'une à la Morgue, l'autre au Gros-Caillou, résultats qui sont consignés dans les rapports de MM. les docteurs Brouardel et Bourrot, rapports desquels nous retiendrons seulement, comme nous l'avons déjà dit, qu'il n'existait aucune lésion matérielle causée par l'électricité et susceptible d'occasionnèr directement la mort. Nous ajouterons également que nous avons procédé à l'examen spectroscopique du sang du sieur Martin, qui a présenté les caractères que possède normalement ce liquide.

Les fils conducteurs étaient-ils convenablement posés? — L'installation du fil dans le jardin des Tuileries en dehors du fossé nous a paru sans contestation à l'abri de tout reproche; tous les fils susceptibles d'être touchés par le public étaient suffisamment garnis et isolés, les fils nus étaient à une hauteur telle qu'on ne pouvait aucunement les atteindre.

En ce qui concerne les fils placés dans le saut de loup ou fossé où s'est produit l'accident, rien n'obligeait à employer l'un des fils nu, et évidemment les deux eussent pu être couverts. Il est urgent de faire remarquer que ces deux fils, l'un nu, l'autre couvert, étaient absolument hors de portée de la main des personnes placées dans le jardin des Tuileries qui, même en se penchant sur la balustrade, ne pouvaient les atteindre. Il est certain que si l'on admet que le public pouvait librement circuler dans le fossé, les précautions étaient insuffisantes et que les deux fils eussent dû être garnis.

Il résulte de la disposition de l'ingénieur de la maison X..., qui a fait poser les fils, qu'il avait été entendu que le public ne serait admis ni dans le fossé, ni même sur les pelouses qui le bordent. C'est là un point que nous n'avons pas à apprécier.

Nous devons dire toutefois que si les ingénieurs qui ont fait procéder à l'installation avaient pu penser que le public serait admis dans le fossé, ils se seraient certainement gardés d'y placer des fils à

hauteur d'homme, non pas dans la crainte des accidents qu'on eût pu éviter en employant des fils garnis, mais dans le but d'éviter les effets de la maladresse et de la malveillance qui, en produisant la rupture ou la section de l'un des deux fils, eussent amené l'extinction des 12 lampes et plongé dans l'obscurité le tiers du jardin des Tuileries. Il eût été facile d'éviter ces inconvénients possibles en faisant passer le fil en l'air, ce qui eût exigé au plus la pose d'un poteau supplémentaire; le fait de n'avoir pas eu recours à cette disposition nous paraît montrer jusqu'à preuve contraire que le fossé a été considéré comme un lieu où le public ne devait point avoir accès.

Nécessité d'une réglementation de l'emploi industriel des courants intenses. — Les accidents du genre de ceux qui se sont produits le 6 août ne sont pas absolument rares, et l'on en connaît plusieurs exemples en France, en Angleterre, en Autriche. Il n'est pas douteux que, avec l'extension de l'emploi du courant électrique pour transporter à distance l'énergie sous toutes ses formes, les accidents analogues ne se multiplient, si l'on ne parvient à les empêcher par une réglementation, qui devra écarter en même temps les causes d'incendie provenant des courants.

Des règlements de ce genre ont été proposés en Amérique et en Angleterre. En Amérique, le règlement auquel nous faisons allusion est imposé par certaines compagnies d'assurances aux usines éclairées à la lumière électrique; en Angleterre, ils émanent, à titre de conseils, de la *Society of telegraph engineers and electricians*. Ils ne nous paraissent pas assez complets pour qu'on puisse en proposer l'adoption; mais il conviendrait d'établir au plutôt un règlement qui deviendrait obligatoire.

Pour l'établissement de ce règlement, qui exigerait des connaissances très spéciales, on pourrait par exemple charger de l'étude de la partie spéciale la Société française de physique, qui, renfermant à la fois des physiciens, des ingénieurs, des directeurs d'usine, fournirait sans peine les éléments d'une commission absolument compétente à tous les égards.

Conclusions. — 1° Les conditions dans lesquelles se sont trouvés les sieurs Martin et Kenarec en touchant, dans des conditions déterminées, des fils conduisant un courant électrique puissant suffisent pour expliquer la mort;

2° Si l'on admet que le public ne devait point avoir un libre accès dans le fossé où Martin et Kenarec ont trouvé la mort, l'installation

des fils donnant passage au courant électrique était faite conformément à ce qu'exigent la science et la prudence.

L'autopsie des deux cadavres fut faite, celle du soldat Kenarec à l'hôpital militaire du Gros-Caillou, par M. le docteur Bourrot, celle du sieur Martin, par M. le professeur Brouardel. Sans vouloir insister longuement, je m'arrêterai un peu plus sur cette dernière, à laquelle j'ai assisté[1].

Le cadavre du sieur Martin était celui d'un jeune homme de dix-neuf ans environ, d'une taille peu élevée, mais bien constitué. Bien que l'autopsie ait été faite soixante-deux heures après la mort, il n'y a pas de traces de putréfaction et la rigidité cadavérique est très prononcée; mais il convient de dire que le cadavre a été placée depuis son arrivée à la Morgue dans un four à réfrigération. Il a été dit souvent que les cadavres de personnes ou d'animaux tués par la foudre se putréfient très rapidement; s'il en est ainsi, on peut supposer qu'il en est de même de ceux qui succombent sous l'action de courants intenses; mais grâce à la réfrigération, cet effet eût été arrêté s'il avait eu une tendance à se produire.

Les désordres externes se manifestent exclusivement par des brûlures assez larges, mais peu intenses, qui existent à la face, sur le lobe de l'oreille et à la main. Ces brûlures sont incontestablement dues au contact direct de la peau avec le fil traversé par le courant. Par elles-mêmes, elles n'auraient offert aucune gravité, et elles ne sont intéressantes que parce qu'elles font connaître le point par où le courant a pénétré dans le corps.

On note également, mais sans que cela paraisse présenter un intérêt direct, une teinte rosée sur les épaules, un petit piqueté hémorragique sur une partie du thorax, et une suffusion sanguine sous le cuir chevelu résultant de la chute par terre après le contact avec le fil.

L'examen des organes a présenté peu de particularités méritant d'être signalées : quelques faibles altérations dans le cerveau; il est regrettable que l'on n'ait pas songé à examiner le bulbe. On a observé de nombreuses ecchymoses sous-pleurales.

[1] On trouvera les détails complets de cette autopsie dans un travail récemment publié par M. le Dr Grange : *Contribution à l'étude du mécanisme de la mort par les courants électriques intenses*. Paris, Masson, 1884.

Le cœur est rempli de sang : le sang est rutilant, c'est le plus rouge que j'aie jamais observé; au contact de l'air, il perd une partie de sa rutilance et devient un peu plus foncé. Examiné au spectroscope, il présente tous les caractères du sang normal.

En résumé, de l'examen détaillé que nous venons de résumer, M. le professeur Brouardel conclut que les lésions observées sont celles que l'on trouve après les convulsions provoquées par les lésions du bulbe. Il pense que la mort a dû être foudroyante et qu'elle a eu pour cause immédiate l'arrêt du cœur.

L'autopsie du soldat Kenarec a été faite quarante-trois heures après la mort : la rigidité cadavérique qui avait persisté jusqu'à la trentième heure a disparu.

Brûlures aux mains, sans gravité par elles-mêmes.

Le cerveau est très congestionné à la périphérie, et le piqueté vasculaire normal paraît un peu exagéré; rien autre de particulier. Mêmes observations sur le cervelet, la protubérance, le bulbe et la moelle épinière.

On n'a pas observé d'ecchymose sous-pleurale.

Le cœur est entièrement vide.

M. le docteur Bourrot conclut de l'examen détaillé que le soldat Kenarec est probablement mort par arrêt du cœur, arrêt résultant lui-même d'une excitation violente du pneumogastrique; cet arrêt n'a pas été définitif au moment même de l'accident, mais le cœur n'a pu reprendre ses fonctions normales, et il en est résulté une gêne de plus en plus marquée qui explique la congestion asphyxique observée d'une manière générale.

Ainsi, de ces deux autopsies, les conclusions sont les mêmes : la mort paraît avoir été la conséquence de l'arrêt du cœur, arrêt qui a été instantané et définitif dans le premier cas; dans le second cas, s'il y a eu arrêt au moment de l'action électrique, comme il paraît probable, cet arrêt n'a pas été définitif, les mouvements ont repris pour s'éteindre quelques minutes plus tard.

Si les renseignements fournis par l'autopsie permettent d'indiquer les causes physiologiques de la mort, on n'est pas aussi bien renseigné sur les conditions physiques qui, dans ces cas, ont été susceptibles d'amener l'arrêt du sang. Tout, ou à peu près,

est à rechercher à ce point de vue : on ne sait comment l'électricité ou le courant se répartit dans le corps et dans les divers organes essentiels, on ne sait même pas quel est l'élément duquel dépendent les actions observées.

L'étude de ces questions est fort complexe, car les phénomènes organiques se prêtent mal à des mesures : les moyens les plus directs sur lesquels on peut s'appuyer sont les sensations que fait éprouver le passage d'un courant et, d'autre part, l'étude des conditions qui peuvent amener la mort d'un animal.

L'étude à l'aide des sensations est aisée, mais ne permet pas d'arriver à des résultats précis, car les sensations ne sont pas susceptibles d'être mesurées, d'être évaluées numériquement. Il est cependant quelques faits importants à signaler :

D'abord c'est la différence très grande qui existe dans les sensations produites par le passage continu d'un courant ou par des interruptions de courant. (Nous ne parlons pas ici, bien entendu, de courants induits, mais seulement de courants produits par une pile et interrompus en produisant des ruptures dans le circuit.) L'établissement et la cessation d'un courant de de quelques milliampères, de 5 milliampères par exemple, produisent une sensation beaucoup plus désagréable que celle provoquée par le passage continu de ce même courant. L'augmentation ou la diminution brusque d'un courant établi produisent des effets analogues. Mais si le courant s'établit ou cesse lentement, progressivement ; si l'augmentation ou la diminution sont également lentes, on n'observe point ces effets désagréables et la sensation devient plus forte sans effets douloureux, tant que l'on ne dépasse pas une certaine valeur. De ces faits qui sont bien connus et dont il faut tenir compte pour la construction et l'application des courants continus en médecine, on peut conclure que les variations brusques de potentiel constituent une des conditions les plus favorables pour produire de vives sensations : on peut donc également penser que les effets graves, mortels, observés chez l'homme et les animaux dépendent surtout de ces variations brusques de potentiel, c'est-à-dire que, à égalité d'intensité, un courant interrompu doit produire des effets beaucoup plus considérables que le courant continu établi progressivement. L'action ne dépend donc pas, directe-

ment au moins, de la quantité d'électricité qui, pour le même temps, est plus grande dans le courant continu que dans le courant interrompu. S'il en est ainsi, les machines à courants alternatifs sont plus dangereuses que les machines à courants continus. Nous devons dire qu'une étude expérimentale a été faite sur des animaux; elle paraît corroborer cette opinion. Nous reviendrons d'ailleurs sur cette question dans un autre article. Il y a là une série de remarques, d'expériences à reprendre ou à faire ; mais nous ne voulons point traiter incidemment ce sujet, sur lequel nous devions cependant appeler l'attention.

Nous dirons en passant seulement que, en ce qui concerne l'action physiologique des courants continus (nous ne parlons pas des actions chimiques), les effets ne paraissent pas proportionnels à l'intensité du courant; nous le répétons, il est malaisé de préciser une loi, cela n'est peut-être même pas possible. Mais de recherches personnelles que nous indiquerons plus tard, nous croyons pouvoir conclure que les effets croissent plus rapidement que l'intensité; nous ne serions pas étonnés, comme nous le disions dans notre rapport, que les effets fussent proportionnels à l'énergie, soit, pour un conducteur donné, au carré de l'intensité. Mais ces conditions ne sont pas celles dans lesquelles se sont produits les cas de mort dont nous parlons, et il est inutile d'insister.

L'étude des conditions dans lesquelles on peut amener la mort chez des animaux peut conduire à d'intéressants résultats dont il faut tenir compte. M. le docteur Grange a commencé ces recherches : il ne sera pas sans intérêt d'indiquer les faits qu'il a observés ; nous y reviendrons prochainement.

C. M. Gariel.

TÉLÉPHONE DE M. DUCOUSSO

Dans les postes téléphoniques ordinairement employés, le circuit induit ou de ligne comprend dans chacun des deux

postes en communication la bobine d'induction du transmetteur et celles des récepteurs. On conçoit aisément qu'à la transmission il suffit d'avoir dans le circuit la bobine du transmetteur, et à la réception les bobines réceptrices seulement. Il est possible que ces résistances inutiles introduites ainsi dans le circuit des appareils ordinaires n'aient pas une grande influence sur la

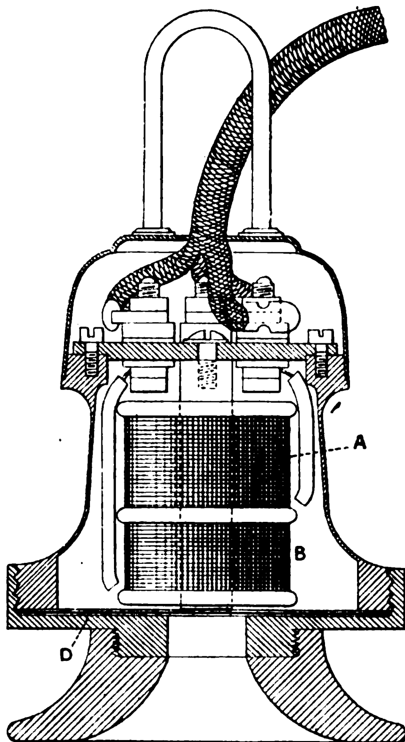


Fig. 1.

puissance d'audition, mais ces bobines sont pourvues de noyaux magnétiques qui nécessairement réagissent aussi sur le circuit utilisable, et l'on conçoit que cette disposition peut nuire à la netteté de la parole.

On a déjà essayé l'emploi d'interrupteurs à la main qui permettaient, selon que l'on recevait ou transmettait, de placer dans le circuit les bobines des récepteurs ou celle du transmet-

teur seulement, mais on l'a abandonné faute de résultats pratiques satisfaisants.

M. Ducousso a imaginé une disposition nouvelle qui permet d'utiliser la totalité de la résistance intérieure d'un poste aussi bien à la transmission qu'à la réception. Son appareil se compose d'un barreau de fer doux C (fig. 1), dont l'une des extré-

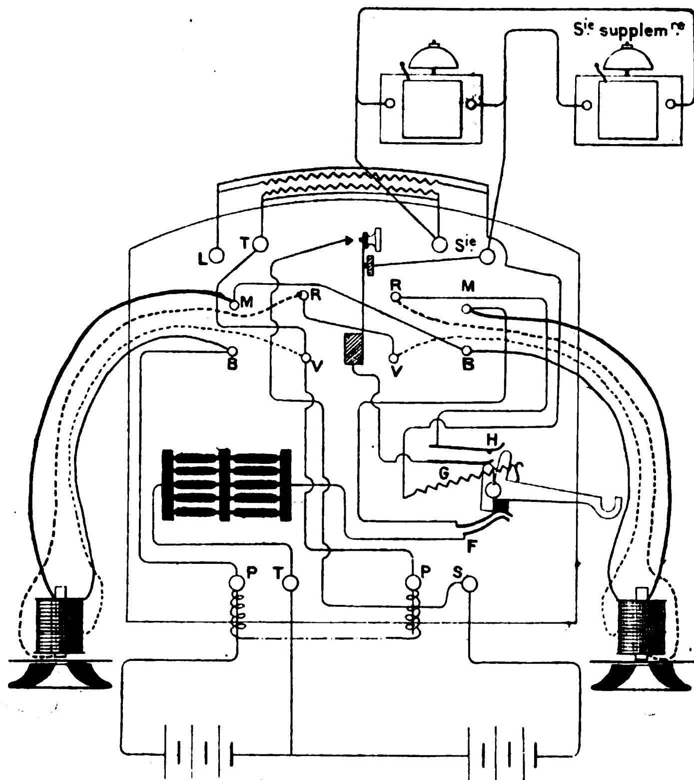


Fig. 2.

mités est en regard du diaphragme ordinaire D et sur lequel sont placées deux bobines isolées A et B. La première A est formée de gros fil et elle correspond, comme l'indique le diagramme figure 2, au circuit pile et microphone; la seconde bobine B est formée de fil fin et constitue le circuit induit avec la ligne à laquelle elle est reliée.

Le circuit formé par la pile, le microphone et la bobine A étant fermé, le noyau en fer doux C s'aimante et si l'on parle devant le microphone, les variations d'intensité du courant primaire qui en résultent donnent naissance à des courants d'induction dans la bobine voisine B placée sur le noyau C, en même temps siège d'un état magnétique variable; ces courants induits agissant sur la plaque reproduisent les sons.

Au poste récepteur au contraire, le microphone étant inactif, le noyau C est le siège d'un état magnétique constant ; si donc, à ce moment, des courants induits passent dans la bobine B, venant de la ligne à laquelle celle-ci est reliée, ces courants modifient l'état magnétique du barreau C qui agit à son tour sur le diaphragme en fer doux D, lequel reproduit les sons correspondants.

L'appareil est renfermé dans un boîtier métallique (fig. 1) formé d'un tube en cuivre repoussé, ce qui rend l'appareil léger et commode à manier.

L'inventeur fait remarquer dans son appareil l'absence d'un aimant permanent qui, dans les appareils ordinaires, fait naître d'assez grandes difficultés pour obtenir un champ magnétique constant sous un petit volume.

Enfin, dans les postes ordinaires, on emploie généralement deux récepteurs; les bobines inductrices des deux téléphones en communication sont toujours disposées en tension ; il en est de même des bobines induites. Dans l'appareil de M. Ducousso, on peut disposer à volonté, selon les circonstances, chacun de ces groupes en tension ou en quantité. R. Séguéla.

DÉPOLARISATION MÉCANIQUE DES PILES

On a souvent eu recours, pour obtenir la dépolarisation des plaques positives des piles, à des moyens mécaniques tels que circulation, insufflation, agitation du liquide autour des plaques, ou agitation des plaques dans le liquide. Dans cette dernière voie on a été amené, il y a déjà longtemps, à donner à l'élec-

trode positive la forme d'un disque placé verticalement et plongeant partiellement dans le liquide de la pile dans lequel il tourne plus ou moins lentement; le liquide baigne ainsi une portion de l'électrode constamment renouvelée.

La forme imposée aux éléments par cette disposition est peu commode et présente divers inconvénients.

Un autre moyen, qui peut se prêter à des arrangements plus variés, consiste à faire l'électrode positive au moyen d'une bande ou ruban métallique souple sans fin, tendu comme une courroie sur deux rouleaux dont l'un est placé au fond de la pile et l'autre au-dessus. Ce dernier, qui est le rouleau moteur, est placé au-dessus du liquide à une distance telle qu'avec la vitesse de déploiement adoptée pour la bande, la portion de celle-ci qui sort du liquide ne vienne s'immerger de nouveau qu'après être restée assez longtemps en contact avec l'atmosphère pour subir une dépolarisation suffisante.

Cet effet de dépolarisation peut d'ailleurs être aidé au moyen de brosses ou frotteurs fixes appliqués contre la bande en mouvement et faisant retomber le liquide qu'elle peut entraîner dans la pile, ce qui amène un meilleur contact de la surface de l'électrode avec l'oxygène de l'air.

L'élément zinc est placé entre les deux brins ascendant et descendant de l'électrode positive. Deux autres zincs peuvent encore être placés en regard des deux autres faces de ces brins, afin d'augmenter autant que possible la surface active de la pile.

On comprend que ce ruban métallique peut se prêter à des dispositions très diverses.

La portion immergée de l'électrode peut par exemple, guidée par des rouleaux convenablement placés, circuler dans la pile suivant un plan horizontal et passer ainsi entre deux zincs disposés horizontalement aussi. La portion émergée de la bande sera soutenue hors du liquide soit par deux rouleaux, soit même par un seul placé à une hauteur suffisante.

Il sera d'ailleurs toujours aisé de trouver les dispositions les plus convenables à donner au ruban électrode pour telle ou telle disposition de pile.

Sans doute que de pareilles dispositions mécaniques ne pour-

raient être tentées que sur des piles de grande dimension auxquelles on demanderait de grands effets d'intensité; et, si l'on a besoin de pareils effets, on laissera bien vite de côté les piles pour employer des générateurs mécaniques.

Mais il peut se trouver des circonstances particulières obligeant quand même à recourir aux piles, et dans ce cas la disposition mécanique dépolarisante qui vient d'être décrite peut devenir utilisable. V. Bablon.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Les services télégraphiques et téléphoniques en Angleterre. — Le *Postmaster General* vient de présenter, aux chambres du Parlement, son trentième rapport annuel sur les services postaux, télégraphique, téléphonique, etc., dépendant de son administration.

Extrayant de ce rapport volumineux, quoique succinct, ce qui peut intéresser nos lecteurs, nous pouvons leur donner les renseignements intéressants suivants :

Télégraphes. — Le nombre de messages télégraphiques expédiés dans l'exercice du 1er avril 1883 au 31 mars 1884, a été de 32 843 120, représentant une augmentation de 640 055 sur l'exercice précédent (l'augmentation du nombre de dépêches de l'exercice 1882-1883 sur l'exercice précédent était de 746 165).

Le nombre de dépêches expédiées dans Londres a été de 12 639 192 (comparé à 12 374 707 en 1882-1883), et, dans ce nombre, 1 772 125 ont été livrées dans Londres même.

Le nombre de bureaux télégraphiques a été de 5873, représentant, sur l'exercice précédent, une augmentation de 132 bureaux, dont 123 bureaux de poste dans lesquels le service télégraphique est installé et 9 bureaux de stations de chemins de fer.

Lors de l'acquisition par le gouvernement anglais des Compagnies de télégraphie électrique, en 1870, le nombre des bureaux télégraphiques était d'environ 3700 et le nombre des dépêches de 8 606 000. Bien que l'inauguration du tarif réduit ait été reculée jusqu'au 1er août 1885, des préparatifs considérables ont eu lieu en vue de cet événement. Quantités de nouvelles lignes ont été posées et de nouveaux réseaux ont été installés.

D'après les minutes du Trésor en date du 14 juin 1883, une dépense

totale de 12 500 000 était autorisée pour les besoins de l'extension du matériel nécessitée par le nouveau tarif ; et, entre le mois d'août de cette année et le 31 mars 1884, une somme de 4 500 000 francs a été dépensée.

Télégraphie sous-marine. — Un nouveau câble sous-marin, triple, reliant les îles de Jersey et Guernesey, a été posé, et les câbles reliant Dublin et Holyhead, ceux des îles de Man et d'Islay, et celui reliant Granton et Burntisland ont donné lieu à des réparations considérables.

Le *cable ship* mentionné dans le rapport de l'année dernière (voyez n° 57, 15 août 1883, page 170) a été lancé à Glasgow, l'été dernier, et a déjà rendu de grands services.

Fils privés. — Parmi les fils privés installés dans l'exercice 1883-1884 se trouvent :

Un fil reliant le bureau télégraphique de Fort William avec le *Scottish Meteorological Society's Observatory*, récemment établi au sommet du Ben Nevis.

La pose de ce fil a dû être exécutée souterrainement, sur une longueur de plusieurs kilomètres, près du sommet de la montagne, en raison de la grande accumulation de neiges et de la gravité des tempêtes, vers le milieu de la saison d'hiver.

Un fil a aussi été immergé dans la rivière Forth, en connexion avec la construction du nouveau pont, près de Queensferry. Ce fil relie la rive sud à une île de la rivière, et permet d'échanger, avec les ouvriers employés sur les travaux, des communications téléphoniques.

Téléphones. — La grande majorité des communications téléphoniques continue à avoir lieu par l'intermédiaire d'entreprises ou compagnies privées tenant des licences du Post Office. Des observations fréquentes ont été faites aux autorités, et tendant à établir que si quelques-unes des conditions imposées dans les licences, pour des raisons budgétaires, étaient abolies, le public jouirait de plus grands avantages en ce qui concerne les relations téléphoniques.

Comme il est désirable de n'imposer aucune restriction inutile au développement, de l'industrie téléphonique, le *Postmaster General* a, dernièrement, suggéré aux diverses compagnies de téléphones de se réunir et d'arriver à une entente au sujet des modifications qu'elles proposeraient d'apporter aux licences existantes dans le but d'offrir au public toutes les facilités possibles pour les communications téléphoniques et qui ne seraient pas incompatibles avec les exigences du Trésor. Différentes propositions ont été soumises et sont à l'examen. Le service télégraphique a produit, dans l'exercice faisant l'objet du rapport actuel :

	Francs.
Recettes provenant du service	44 022 475
Vente de vieux matériel.	708 125
Total.	44 730 600

L'exploitation a coûté 45 148 600 francs; dans cette somme n'est pas compris l'intérêt du capital de 272 014 275 francs, somme payée par le gouvernement pour l'acquisition des télégraphes, intérêt s'élevant à 8 160 425 francs.

Les déficits dont ce rapport fait mention, sont plus apparents que réels. La cause en est que le Post Office n'a pas de compte de capital et que toutes les dépenses nécessitées par l'organisation d'un nouveau service sont attribuées au compte d'exploitation, par exemple, la somme précitée de 4 500 000 francs dépensée en vue des préparatifs nécessaires à la réduction projetée du tarif des dépêches pour l'intérieur du pays.

En chiffres ronds, les dépêches télégraphiques ont suivi, depuis 1870, époque de l'acquisition des télégraphes par le gouvernement, la marche progressive suivante :

1870-71.	9 850 000
1871-72.	12 470 000
1872-73.	15 535 000
1873-74.	17 821 000
1874-75.	19 253 000
1875-76.	20 973 000
1876-77.	21 726 000
1877-78.	22 171 000
1878-79.	24 459 000
1879-80.	26 547 000
1880-81.	29 411 000
1881-82.	31 345 000
1882-83.	32 092 000
1883-84.	32 843 000

La recette provenant des fils privés s'élève à 2 840 825 francs. Ce service comprend 3102 abonnés, un réseau de 22 872 kilomètres de fil, et l'emploi de 8861 instruments.

Exposition internationale d'inventions a Londres en 1885. — Nous avons déjà, à plusieurs reprises, entretenu nos lecteurs des Expositions internationales spéciales inaugurées l'année dernière, sous les auspices des personnages les plus marquants de l'Angleterre.

L'Exposition actuelle, principalement connue sous le nom d'Exposition d'hygiène (*Health Exhibition*) et populairement sous le nom de *Healtheries* (mot créé pour la circonstance par les indigènes, en souvenir probablement de l'Exposition des *Fisheries* ou pêcheries de l'année

dernière), est encore dans sa période la plus brillante et a à peine dépassé le milieu de sa carrière.

Le succès qu'elle a atteint, comme celle de l'année dernière, est tellement colossal que les autorités n'ont pas cru devoir perdre un instant et ont déjà arrêté le programme de l'Exposition à venir.

Ce programme doit être incessamment livré à la publicité.

Nous ne saurions trop engager les industriels et inventeurs à se préparer, dès maintenant, à faire bonne figure dans cette solennité dont le succès est assuré d'avance et devra être considérable, étant donné les précédents.

La Commission d'exécution, nommée par le président de l'Exposition, le prince de Galles, se composera comme suit : Sir Frederick Bramwell (vice-président de l'institution des *Civil Engineers*, président); le marquis d'Hamilton, vice-président; M. I. Lowthian Bell (président de l'institution des *Mechanical Engineerss*); M. Birkbeck (membre du Parlement), trésorier honoraire; colonel sir Francis Bolton; sir Philip Cunliffe-Owen; professeur Dewar; M. W. H. Preece; sir E. J. Reed; professeur Chandler Roberts, etc., etc.

Le but de l'Exposition n'est pas tant de réunir une collection de modèles d'inventions que d'illustrer les progrès réalisés dans les applications pratiques de la science, pendant les vingt dernières années écoulées.

Comme les produits facturés ne seront pas admis sans être accompagnés des appareils servant à les fabriquer, et ceux-ci devant fonctionner; comme d'autre part le Conseil d'administration pense que les expositions de la Société connue sous le nom de *Royal Agricultural Society* et autres concours divers ont suffisamment servi à illustrer les progrès de l'industrie agricole, quelques types caractéristiques de cette industrie devant être seuls admis, l'on voit que le champ des appareils admis à figurer dans cette Exposition sera relativement restreint.

Ce champ sera encore limité davantage par la décision du Conseil de ne pas admettre les appareils et procédés exhibés dans les expositions récentes de *Smoke Abatement Exhibition* (Exposition d'appareils à prévenir la fumée) de 1881; des *Fisheries* de 1883; et de l'Exposition actuelle (*Healtheries*).

L'Exposition comprendra deux sections : les inventions et les instruments de musique du siècle actuel.

La première section, renferme 31 groupes subdivisés en 165 classes; la seconde section, 3 groupes comprenant 15 classes.

Un congrès sur chacun des deux sujets formant le programme de l'Exposition, aura lieu; et il est à souhaiter que les spécialistes qui y

prendront part arrivent à des conclusions dont l'importance puisse influencer l'état de chose existant, surtout en ce qui concerne la loi actuelle en matière de brevets ; des modifications importantes de cette loi pourraient en être le résultat.

Le catalogue, outre les renseignements généralement arides que contiennent habituellement de pareilles publications, contiendra des notes descriptives des objets exposés, rédigées par des hommes de science.

Des conférences faites par divers spécialistes seront données dans un amphithéâtre spécialement construit pour cet usage, et des publications à bon marché en seront faites par les soins du bibliothécaire de l'Exposition.

Le groupe III, construction mécanique et architecture, et divisé en 13 classes, comprendra entre autres les phares, classe 17 (méthodes de construction, appareils employés dans les phares et les navires à feux), foyers fixes et à éclipses, etc.

Le groupe XIII, celui qui intéresse le plus nos lecteurs, et qui se rapporte le plus aux diverses industries électriques, comprendra 12 classes : 66 à 77 inclusivement :

Classe 66. *Générateurs.* — Dynamos, batteries primaires et secondaires, piles thermo-électriques.

Classe 67. *Conducteurs.* — Câbles sous-marins et appareils employés à leur pose ; fils aériens et souterrains ; isolateurs et poteaux, matières et enduits isolants ; joints et connexions, conduits souterrains, tuyaux, canalisations, conduits, etc. — Fils électriques.

Classe 68. *Appareils d'essais et de mesure.* — Galvanomètres, magnétomètres, dynamomètres, voltmètres, ampères-mètres, méthodes d'essais.

Classe 69. *Instruments télégraphiques et téléphoniques.* — Instruments à aiguille, instruments ABC ; Morse, imprimeur, relais, appareils duplex, quadruplex, contacts, instruments enregistreurs, transmetteurs automatiques, sonneries électriques, indicateurs, téléphones, microphones, paratonnerres.

Classe 70. *Appareils d'éclairage électrique.* — Lampes, bobines de résistances, *cut-outs*, appareils de sûreté, commutateurs, appareillage pour lampes à arc et à incandescence.

Classe 71. *Électro-métallurgie* et *électro-chimie.* — Méthodes de dépôts de divers métaux, électrotypie, galvanoplastie, bains, appareils de nettoyage et polissage, matériel, outils et accessoires.

Classe 72. *Distribution et utilisation de la force.* — Chemins de fer et moteurs électriques ; bateaux, vélocipèdes et autres appareils de locomotion actionnés électriquement ; systèmes de distribution.

Classe 73. *Signaux électriques.* — Avertisseurs d'incendie et de voleurs ; signaux de chemins de fer, de navires, et de temps ; niveaux d'eau et indicateurs du vent; contrôleurs, horloges électriques, chronoscopes, etc.

Classe 74. *Paratonnerres.*

Classe 75. *Appareils électro-médicaux.*

Classe 76. *Méthodes électrolytiques pour l'extraction et la purification des métaux.* — Cuivre, zinc, plomb, fer; raffinages des métaux précieux.

Classe 77. *Appareils thermo-électriques.* — Appareils de guerre, mines, pour explosions et autres usages.

Le groupe XV est consacré au gaz et autres illuminants, et comprend 8 classes. Les appareils de précision forment le groupe XXVIII et comprennent 11 classes. J.-A. Berly.

L'AÉROSTAT DIRIGEABLE

DE MM. CH. RENARD ET A. KREBS

La direction des aérostats *par un temps calme* est aujourd'hui un fait accompli, et c'est encore à l'électricité, cette force merveilleuse, à la fois si puissante et si docile, que nous devons ce nouveau progrès.

Si notre collaborateur et ami M. Gaston Tissandier n'est pas arrivé le premier dans le *steeple-chase* aérostatique, il lui reste du moins l'honneur d'avoir indiqué le premier la voie à suivre et d'avoir fait, le 8 octobre 1883, la première expérience de direction avec un aérostat allongé, actionné par une hélice mise en mouvement par une machine dynamo-électrique alimentée par des piles. Les circonstances n'ont pas permis que M. Tissandier, livré à ses propres ressources, puisse recommencer plus tôt une expérience coûteuse, délicate et assez aléatoire par sa nature, en profitant de l'expérience acquise dans sa première tentative, et réaliser ce voyage *en cercle fermé* qui fait aujourd'hui l'admiration du monde civilisé.

Ces réserves faites, nous applaudissons de tout cœur au succès obtenu par MM. Ch. Renard et A. Krebs, à qui revient l'honneur d'avoir construit pour la première fois un ballon dirigeable ayant atterri à son point de départ. Nous reproduisons ci-après la note présentée à l'Académie des sciences dans sa séance du 18 août par MM. Hervé-Mangon, dans laquelle les auteurs font connaître les points principaux de cette mémorable expérience. E. H.

Sur un aérostat dirigeable. — Note de MM. Ch. Renard et A. Krebs, présentée par M. Hervé-Mangon. (Renvoi à la Commission des aérostats.)

Un essai de navigation aérienne, couronné d'un plein succès, vient d'être accompli dans les ateliers militaires de Chalais; la présente note a pour objet de porter à la connaissance de l'Académie les résultats obtenus.

Le 9 août, à quatre heures du soir, un aérostat de forme allongée, muni d'une hélice et d'un gouvernail, s'est élevé en ascension libre, monté par MM. le capitaine du génie Renard, directeur de l'établissement, et le capitaine d'infanterie Krebs, son collaborateur depuis six ans.

Après un parcours total de 7,6 kilomètres, effectué en vingt-trois minutes, le ballon est venu atterrir à son point de départ, après avoir exécuté une série de manœuvres avec une précision comparable à celle d'un navire à hélice évoluant sur l'eau.

La solution de ce problème, tentée déjà en 1855, en employant la vapeur, par M. Henri Giffard, en 1872 par M. Dupuy de Lôme, qui utilisa la force musculaire des hommes, et enfin l'année dernière par M. Tissandier, qui le premier a appliqué l'électricité à la propulsion des ballons, n'avait été, jusqu'à ce jour, que très imparfaite, puisque, dans aucun cas, l'aérostat n'était revenu à son point de départ.

Nous avons été guidés dans nos travaux par les études de M. Dupuy de Lôme, relatives à la construction de son aérostat de 1870-1872, et, de plus, nous nous sommes attachés à remplir les conditions suivantes :

Stabilité de route obtenue par la forme du ballon et la disposition du gouvernail;

Diminution des résistances à la marche par le choix des dimensions;

Rapprochement des centres de traction et de résistance pour diminuer le moment perturbateur de stabilité verticale;

Enfin, obtention d'une vitesse capable de résister aux vents régnant les trois quarts du temps dans notre pays.

L'exécution de ce programme et les études qu'il comporte ont été faites par nous en collaboration; toutefois, il importe de faire ressortir la part prise plus spécialement par chacun de nous dans certaines parties de ce travail.

L'étude de la disposition particulière de la chemise de suspension, la détermination du volume du ballonnet, les dispositions ayant pour but d'assurer la stabilité longitudinale du ballon, le calcul des dimen-

sions à donner aux pièces de la nacelle, et enfin l'invention et la construction d'une pile nouvelle, d'une puissance et d'une légèreté exceptionnelles, ce qui constitue une des parties essentielles du système, sont l'œuvre personnelle de M. le capitaine Renard.

Les divers détails de construction du ballon, son mode de réunion avec la chemise, le système de construction de l'hélice et du gouvernail, l'étude du moteur électrique calculé d'après une méthode nouvelle basée sur des expériences préliminaires, permettant de déterminer tous ses éléments pour une force donnée, sont l'œuvre de M. Krebs, qui, grâce à des dispositions spéciales, est parvenu à établir cet appareil dans des conditions de légèreté inusitées.

Les dimensions principales du ballon sont les suivantes : longueur, $50^{m},42$; diamètre, $8^{m},40$; volume, 1864 mètres.

L'évaluation du travail nécessaire pour imprimer à l'aérostat une vitesse donnée a été faite de deux manières :

1° En partant des données posées par M. Dupuy de Lôme et sensiblement vérifiées dans son expérience de février 1872 ;

2° En appliquant la formule admise dans la marine pour passer d'un navire connu à un autre de formes très peu différentes et en admettant que, dans le cas du ballon, les travaux sont dans le rapport des densités des deux fluides.

Les quantités indiquées en suivant ces deux méthodes concordent à peu près et ont conduit à admettre, pour obtenir une vitesse par seconde de 8 à 9 mètres, un travail de traction utile de 5 chevaux de 75 kgm, ou, en tenant compte des rendements de l'hélice et de la machine, un travail électrique sensiblement double, mesuré aux bornes de la machine.

La machine motrice a été construite de manière à pouvoir développer sur l'arbre 8,5 chevaux, représentant, pour le courant aux bornes d'entrée, 12 chevaux.

Elle transmet son mouvement à l'arbre de l'hélice par l'intermédiaire d'un pignon engrenant avec une grande roue.

La pile est divisée en quatre sections pouvant être groupées en surface ou en tension de trois manières différentes. Son poids, par cheval-heure, mesuré aux bornes, est de $19^{kg},350$.

Quelques expériences ont été faites pour mesurer la traction au point fixe, qui a atteint le chiffre de 60 kilogrammes, pour un travail électrique développé de 840 kgm et de 46 tours d'hélice par minute.

Deux sorties préliminaires dans lesquelles le ballon était équilibré et maintenu à une cinquantaine de mètres au-dessus du sol ont permis de connaître la puissance de gyration de l'appareil.

Enfin, le 9 août, les poids enlevés étaient les suivants (force ascensionnelle totale environ 2000 kilogrammes) :

	kilogrammes.
Ballon et ballonnet	369
Chemise et filet	127
Nacelle complète	452
Gouvernail	46
Hélice	41
Machine	98
Bâtis et engrenages	47
Arbre moteur	30,500
Pile, appareils et divers	435,500
Aéronautes	140
Lest	214
Total	2000

A quatre heures du soir, par un temps presque calme, l'aérostat, laissé libre et possédant une très faible force ascensionnelle, s'élevait lentement jusqu'à hauteur des plateaux environnants. La machine fut mise en mouvement, et bientôt, sous son impulsion, l'aérostat accélérait sa marche, obéissant fidèlement à la moindre indication de son gouvernail.

La route fut d'abord tenue nord-sud, se dirigeant sur le plateau de Châtillon et de Verrières ; à hauteur de la route de Choisy à Versailles, et pour ne pas s'engager au-dessus des arbres, la direction fut changée et l'avant du ballon dirigé sur Versailles.

Au-dessus de Villacoublay, nous trouvant éloignés de Chalais d'environ 4 kilomètres et entièrement satisfaits de la manière dont le ballon se comportait en route, nous décidions de revenir sur nos pas et de tenter de descendre sur Chalais même, malgré le peu d'espace découvert laissé par les arbres. Le ballon exécuta son demi-tour sur la droite avec un angle très faible (environ 11 degrés) donné au gouvernail. Le diamètre du cercle décrit fut d'environ 300 mètres.

Le dôme des Invalides, pris comme point de direction, laissait alors Chalais un peu à gauche de la route.

Arrivé à hauteur de ce point, le ballon exécuta, avec autant de facilité que précédemment, un changement de direction sur sa gauche ; et bientôt il venait planer à 300 mètres au-dessus de son point de départ. La tendance à descendre que possédait le ballon à ce moment fut accusée davantage par une manœuvre de la soupape. Pendant ce temps il fallut, à plusieurs reprises, faire machine en arrière et en avant, afin de ramener le ballon au-dessus du point choisi pour l'atterrissage. A 80 mètres au-dessus du sol, une corde larguée du ballon fut saisie par des hommes et l'aérostat fut ramené dans la prairie même d'où il était parti.

Chemin parcouru avec la machine, mesuré sur le sol.	7,600 kilomètres.
Durée de cette période.	23 minutes.
Vitesse moyenne à la seconde[1]	5,50 mètres.
Nombre d'éléments employés.	32
Force électrique dépensée aux bornes à la machine..	250 kgm par seconde.
Rendement probable de la machine.	0,70
Rendement probable de l'hélice.	0,70
Rendement total, environ	0,50
Travail de traction.	125 kgm par seconde.
Résistance approchée du ballon.	22,8 kilogrammes.

A plusieurs reprises, pendant la marche, le ballon eut à subir des oscillations de 2 à 3 degrés d'amplitude, analogues au tangage; ces oscillations peuvent être attribuées soit à des irrégularités de forme, soit à des courants d'air locaux dans le sens vertical.

Ce premier essai sera suivi prochainement d'autres expériences faites avec la machine au complet, permettant d'espérer des résultats encore plus concluants.

DE L'ÉVOLUTION

DANS LES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES

D'APRÈS M. JOHN T. SPRAGUE

La doctrine ou l'idée d'évolution, dit Sprague, pénètre chaque jour davantage dans le domaine de la science et s'étend progressivement à toutes les branches de nos connaissances. Elle nous enseigne qu'il n'y a pas de fait isolé; chaque fait, comme chaque idée, comporte une relation avec d'autres dont il découle, sauf à devenir à son tour le point de départ de nouveaux faits; tantôt prolongeant une ligne directe, tantôt constituant un point de différentiation, origine possible de plusieurs séries qui se développent elles-mêmes jusqu'à ne plus laisser percevoir le lien qui unit leurs termes extrêmes. Telles sont les relations entre les divers langages du genre humain, aussi bien qu'entre les différentes races des êtres. Une conséquence importante résulte de cet ensemble, c'est que non seulement l'esprit, à moins d'y être préparé, est parfois impuissant à suivre les traces de la connexion plus ou moins intime qui relie deux choses distinctes en apparence, mais qu'il peut réellement exister des lacunes dans la ligne d'évolution, il peut manquer des maillons dans la chaine, soit qu'ils

[1] Le vent étant presque nul, la vitesse absolue se confond sensiblement avec la vitesse propre par rapport à l'air, d'autant plus que l'aérostat a décrit une trajectoire fermée.

aient été perdus, soient qu'ils n'aient jamais eu d'existence effective, sauf à l'état rudimentaire.

La chimie avec ses nombreuses séries homologues et groupes de séries, en offre une remarquable représentation. Ainsi nous avons une série de radicaux partant du méthyle CH^3, et s'élevant par additions successives de CH^2 à travers une longue ligne de substances qui deviennent graduellement de plus en plus denses; l'addition d'hydroxyle HO à l'une quelconque de ces substances la transforme en un alcool correspondant, tel que l'alcool connu de tout le monde, l'hydrate d'éthyle, C^2H^5OH, et la glycérine, qui, bien que n'étant pas communément connue comme présentant les caractères alcooliques, est néanmoins telle au point de vue scientifique. La substitution, dans la molécule, d'un autre atome d'oxygène à un atome d'hydrogène H^2 donne l'acide correspondant, depuis l'acide acétique du vinaigre C^2H^3OOH, jusqu'aux acides stéarique, cirique et ainsi de suite.

Les mêmes groupes ou substances peuvent être classés suivant d'autres systèmes, mais toujours pour aboutir au même résultat que ci-dessus, à savoir la constitution de lignes reliées entre elles et de groupes divergents, formant un ensemble de relations parfaitement nettes malgré des lacunes, c'est-à-dire malgré l'absence de corps n'existant pas en réalité dans la nature ou non encore découverts, mais dont la possibilité d'existence est évidente et dont plusieurs ont même été artificiellement réalisés en conséquence de cette conception de leur existence potentielle.

C'est ce genre de relation que M. Sprague, avec ce sens éminemment pratique et vulgarisateur qui existe chez nos voisins d'outre-Manche, a cherché à établir entre les différentes machines dynamo-électriques.

Outre l'intérêt qu'il présente en lui-même, ce travail montre comment, sans tomber dans le caractère et la forme un peu enfantins qu'affectent trop souvent nos ouvrages de vulgarisation, on peut mettre à la portée de tous des relations complexes, dont notre esprit plus scientifique que celui des Anglais a quelque peine à détacher les formules mathématiques qui les précisent.

Cette évolution dans les machines dynamo-électriques n'est pas d'ailleurs présentée par l'auteur comme un fait réel et conscient. Elle n'implique en aucune façon que les inventeurs des différentes formes de machines en aient suivi le cours en connaissance de cause. Il ne développe ce système que comme une condition essentielle à l'intelligence des analogies et des différences entre les machines, et pour permettre

aux chercheurs de travailler sur des principes bien définis au lieu de procéder par tâtonnements et de se laisser entraîner à des expériences et des essais coûteux.

La réalisation de cette conception systématique exige avant tout, au point de vue de la correction des idées, une distinction bien nette entre les apparences et les faits, entre les principes fondamentaux et ce qui n'est que simple forme de construction.

Armatures simples. — Nous admettrons tout d'abord qu'il n'y a en réalité aucune différence entre un barreau aimanté et un aimant en fer à cheval, sauf en ce qui concerne la forme du champ magné-

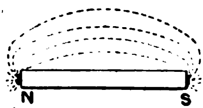


Fig. 1.

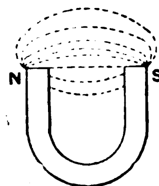


Fig. 2.

tique développé entre les pôles, l'une des formes convenant mieux à certaines applications, l'autre à d'autres objets. Ainsi, il est évident que l'aimant de la figure 2 est exactement celui de la figure 1, dont les deux extrémités sont relevées, le barreau étant recourbé en son milieu, ce qui raccourcit les lignes de force reliant les pôles N et S, et aboutit à réduire l'étendue du champ magnétique résultant dont l'intensité augmente par suite proportionnellement.

Il est également vrai, quoique moins évidemment, qu'une armature sous forme d'électro-aimant tournant au-dessus des tranches des parties polaires d'un aimant, comme dans la machine de Pixii, ou devant les plats de ces mêmes pièces, comme dans celle de Clarke, agit exactement de la même manière qu'un barreau droit d'électro-aimant passant entre les pôles comme dans la machine de l'Alliance et autres analogues; ainsi les figures 3 et 4 sont identiques comme type et comme action. Telles sont les machines de Clarke et de l'Alliance; les différences ne portent que sur leur construction mécanique et sur la manière plus ou moins avantageuse dont sont utilisées les lignes de force de l'aimant. Dans ces différentes formes, le mode d'action consiste uniquement à placer le fer de l'armature dans une position telle qu'il concentre dans sa propre masse le plus possible du champ magnétique extérieur de l'aimant, en diminuant

autant que possible les actions extérieures perdues pour la machine.

Il est bon de remarquer ici que chaque passage de l'armature dans le champ magnétique n'a pas seulement pour effet de déterminer en elle un changement d'orientation moléculaire au moment où elle concentre le magnétisme, mais qu'il détermine également une modification dans les conditions moléculaires de l'aimant lui-même. Si un fil est enroulé sur un aimant, il s'y développe un courant à chaque passage devant une armature; et par le fait un certain nombre d'appareils, tels que les exploseurs de mines, sont basés sur ce principe; les pôles mêmes de l'aimant sont entourés de fil et le courant est produit par l'arrachement violent de l'armature qui y est appliquée.

Les changements dans le champ magnétique peuvent être mis en

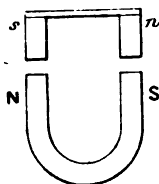


Fig. 3.

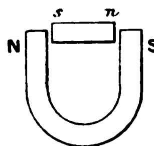


Fig. 4.

évidence à l'aide d'un téléphone et d'une barre de fer doux qui, appliquée à l'aimant, prend une aimantation énergique quand l'armature est éloignée, et perd sa force par suite de la concentration des lignes de force extérieures résultant de l'approche de l'armature; chaque changement détermine la production d'un son. L'action d'une armature quelconque peut être contrôlée par la réduction qu'elle détermine dans le champ extérieur, comme l'indiquerait la diminution de déviation d'une aiguille aimantée placée à petite distance.

Armatures composées. — Un nouveau pas dans l'évolution au delà du simple barreau est marqué par l'armature radiale représentée figure 5 et qui n'est autre qu'une multiplication des barreaux de la figure 4. Le fait de tourner dans le plan des pôles NS, au lieu de couper transversalement la ligne qui les joint comme dans le cas de l'armature en forme de disque, est uniquement une affaire de construction; nous y retrouvons l'une des machines Lontin, formée d'une série de systèmes radiaux du même genre, empiétant légèrement l'un sur l'autre de manière à amener successivement dans le champ la collection des barreaux électro-magnétiques qui constitue le système complet de l'armature.

Champ multiple. — Dans une autre phase d'évolution, nous trouvons la combinaison du simple jeu de barres radiales de la figure 5, non plus avec un champ magnétique unique, mais avec un nombre égal de pôles constituant des champs magnétiques alternés. Ce sont précisément les conditions du type de l'Alliance, en apparence différent des précédents. L'inspection de la figure 6 met le fait en évidence. Peu importe au point de vue théorique la relation entre les différents pôles NS des électro-aimants : deux pôles opposés peuvent compléter le fer à cheval et dans ce cas les deux rayons de l'armature en prolongement l'un de l'autre constituent un barreau droit entre les pôles correspondants; ou bien on peut considérer deux pôles NS adjacents comme formant un électro-aimant séparé, et dès lors les deux rayons adjacents correspondants forment son armature (on les suppose tous réunis au milieu) et constituent par suite un électro-aimant en fer à cheval.

Armatures annulaires en apparence. — Ce qui précède, nous conduit à une nouvelle période d'évolution, qui se résout en un type

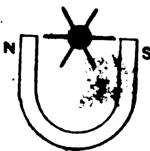


Fig 5.

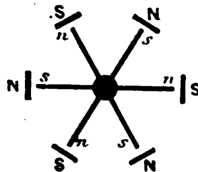


Fig. 6.

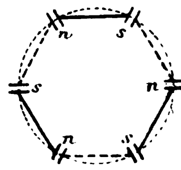


Fig. 7.

distinct en apparence, mais reposant encore en réalité sur les mêmes principes. Nous savons qu'un barreau droit et un fer à cheval sont en principe identiques. Prenons alors chaque paire de rayons adjacents, agissant comme un fer à cheval, mais ne différant en rien comme principe des rayons en prolongement formant armature en barre aux pôles opposés NS. Redressons ce fer à cheval de manière à le transformer en armature en forme de barreau pour les pôles adjacents NS; nous développons ainsi les trois barreaux de la figure 7, avec leurs intervalles que nous pouvons remplir avec trois barreaux semblables, comme l'indiquent les lignes ponctuées. En cintrant légèrement les barreaux vers l'extérieur, comme le montrent aussi les lignes pointillées, on obtient une armature qui présente l'apparence d'un anneau, mais n'est telle qu'au point de vue mécanique. Électriquement, c'est un système hexagonal d'armatures indépendantes, disposées par paires de manière à se partager entre elles les

forces des pôles constituant le champ magnétique et à former une succession de pôles conséquents dans l'anneau ainsi déterminé.

C'est là néanmoins une très importante étape de l'évolution, en ce sens que nous y trouvons le principe de trois machines tout à fait distinctes l'une de l'autre : 1° la figure 7, avec ses barreaux cintrés, nous fournit l'armature et le principe de la machine magnéto-électrique de Méritens; 2° cette même figure 7, dans sa forme hexagonale primitive est l'anneau élémentaire de la machine Bürgin, souvent décrite, mais à tort, comme une machine Gramme composée; le fait que l'armature Bürgin est matériellement formée d'un anneau de fer continu est un détail de construction (bien qu'il ait encore d'autres conséquences étrangères au point de vue topique auquel nous nous plaçons); théoriquement, chaque segment est un barreau d'électro-aimant indépendant, s'adaptant aux extrémités polaires des électro-aimants qui les polarisent; 3° de même, tant comme anneau que comme noyau métallique continu, la figure 7 nous donne l'armature Brush composée en réalité d'électro-aimants indépendants, et si différente à cet égard du véritable anneau continu du type Gramme; elle constitue cependant un pas en avant vers la réalisation de cet anneau, en raison de l'*interchangement* continuel des sous-segments qui constituent successivement le barreau réel, et du retour au système de champ magnétique bipolaire.

Dans un prochain article, nous poursuivrons cette étude par l'examen de la véritable armature en anneau qui, de la machine Gramme, nous conduira à la bobine Siemens. Nous comptons y trouver l'occasion d'établir les caractères distinctifs, assez peu clairement élucidés jusqu'ici, de ces deux types d'induits qui, tout en procédant l'un de l'autre et fonctionnant de même, reposent sur des bases essentiellement différentes. E. B.

LE TRANSPORT ÉLECTRIQUE DE L'ÉNERGIE

(GRANDES FORCES ET GRANDES DISTANCES)

PAR LE DOCTEUR W. DIETRICH

Le lendemain des expériences de transport électrique de l'énergie de Miesbach à Munich, une grande partie de la presse crut que cette question était résolue, et ne craignit pas d'en tirer les conclusions les

plus hardies. On se plut à répéter à satiété que, dans un avenir très rapproché, l'industrie allait utiliser les chutes d'eau. Quant aux points les plus importants pour l'ingénieur, le prix de revient et la sécurité de l'exploitation, on ne s'en inquiéta guère. De sorte que, actuellement, même parmi les ingénieurs, on conserve encore des illusions à cet égard.

Il ne nous paraît donc pas tout à fait inutile d'étudier à nouveau cette question, admirablement traitée déjà par A. Beringer, en basant nos calculs sur des résultats d'expérience que nous avons eu l'occasion de relever dans une expertise récente. Il s'agissait de la distribution de l'énergie fournie par un petit fleuve du Jura Suisse, représentant une force de 1000 chevaux sur quelques kilomètres de son parcours.

Tant qu'il ne s'agit que de transporter de faibles forces à de petites distances, l'électricité peut offrir une solution satisfaisante. Le rendement reste dans des proportions acceptables, et l'installation présente toute sécurité, tant au point de vue des conducteurs et de la machine qu'à celui du personnel. Les services que peut rendre et que rend d'ailleurs journellement le transport électrique des petites forces sont indiscutables dans bien des cas.

Il en est tout autrement quand il s'agit de grandes distances, c'est-à-dire de résistances importantes, et particulièrement pour de grandes forces. On ne peut guère alors satisfaire les deux conditions principales que doit présenter une transmission, savoir: 1° une sécurité suffisante dans l'exploitation ; 2° un prix de revient peu élevé de l'unité d'énergie transportée.

Il est universellement connu que pour de grandes distances de transport, il faut donner à la source une f. e. m. considérable; l'on doit recourir à des courants de haute tension. Ce qui revient à dire qu'il peut exister une différence de potentiel considérable entre deux points différents du circuit, ou entre un de ces points et la terre. Si l'on voulait employer des courants de faible tension, pour transporter une certaine quantité d'énergie, il faudrait avoir recours à des intensités considérables. Mais un courant de grande intensité échauffe les conducteurs d'une façon considérable aux dépens de l'énergie à transporter, et cette perte d'énergie est proportionnelle à la résistance du circuit. Cherche-t-on à diminuer cette résistance en augmentant la section des conducteurs, on accroît d'autant les frais d'installation. Les faibles tensions entraînent donc toujours une perte, soit en absorbant de l'énergie, soit en occasionnant des installations coûteuses, et cette perte est d'autant plus importante, même relativement, que la ligne est plus longue. Malheureusement, l'emploi des hautes tensions entraîne de graves difficultés.

Examinons en effet l'influence des hautes tensions, successivement

sur le *personnel*, sur les *conducteurs* et sur les *machines*. L'individu qui subit l'action d'un courant de haute tension en est quitte, il est vrai, dans les cas les plus favorables, pour une paralysie passagère ou pour un évanouissement momentané ; le plus souvent le contact avec le corps humain de deux points à une différence de potentiels considérable, produit instantanément la mort. On ne peut déterminer d'une façon absolue la plus haute tension que l'homme puisse supporter sans danger; elle varie en effet selon les constitutions ; mais une tension de 500 volts peut produire des effets désastreux. Or la transmission de l'énergie à grande distance exige que la dynamo développe un courant d'au moins 1500 volts ; la différence de potentiels aux bornes est bien un peu plus faible, mais elle est encore des plus dangereuses. Il ne serait pas logique de renoncer pour cette cause à ce mode de transport ; les machines à vapeur sont-elles exemptes de péril ? Il appartient aux ingénieurs-électriciens à veiller à ce que les conducteurs ne soient pas accessibles au public, et que le personnel d'exploitation soit protégé par des mesures appropriées. Il convient à cet effet que les conducteurs soient enveloppés d'un isolant sur toute leur longueur et soient établis sous terre. On considère comme un avantage tout spécial que présentent les hautes tensions, de pouvoir utiliser les fils télégraphiques au transport de la force, tandis que dans l'intérêt du public et pour le bon fonctionnement même de l'installation, il est de toute importance d'employer des câbles d'une façon exclusive. Il devrait être rigoureusement défendu de faire passer des courants de haute tension dans des fils nus aériens; il faut renoncer complètement à l'idée de se servir de la terre comme conducteur de retour ; les dynamos doivent être isolées avec soin de la terre. Il devrait être sévèrement prohibé aux ouvriers de manipuler ces machines, sans gants spéciaux, en caoutchouc par exemple. Il est bon de s'isoler du sol par un tapis convenable. Ce n'est qu'à ces conditions que l'emploi des hautes tensions n'offrira plus d'inconvénients pour le personnel.

Comment les conducteurs se comportent-ils avec ces courants ? Tout d'abord ces derniers ne doivent jamais laisser à désirer sous le rapport de la durée de leur isolant. S'il se produit une détérioration même légère, les conducteurs doivent être considérés comme très dangereux, car les défauts s'aggravent rapidement, surtout en présence de courants de haute tension. L'expérience a bien prouvé que les câbles parcourus par des courants d'une f. é. m. très faible avaient une durée considérable ; mais, jusqu'à preuve du contraire, il faut admettre qu'il n'en est plus de même pour des courants de haute tension, et il en résulte pour l'ingénieur une certaine hésitation à se servir de pareils courants, tant qu'il ne sera pas encouragé par des résultats

pratiques. La question reste donc ouverte sur ce point et nous serions heureux que les grandes manufactures de câbles électriques prissent l'initiative de ces expériences.

Avant d'examiner de plus près l'influence de la f. é. m. sur les dynamos, nous ajouterons encore une observation sur les conducteurs. En général un transport d'énergie n'a de sens que si le travail mécanique produit par le moteur électrique revient meilleur marché que celui de tout autre moteur agissant sur place. Quand il s'agit d'une distance considérable, le prix du câble a une importance considérable ; on doit donc lui donner des dimensions telles que le prix de l'installation ne soit pas trop élevé et que la perte d'énergie ne soit pas trop considérable. Sir W. Thomson a proposé une formule qui donne le diamètre du conducteur nu de cuivre auquel correspond la somme minima de ces pertes. Cette formule est la suivante :

$$d = 0,804 \sqrt[4]{\frac{i^2 k}{ncp}}$$

où d est le diamètre du conducteur en millimètres, i l'intensité en ampères, k le prix d'un cheval de 75 kgm par an, c le prix de 1 kilogramme de cuivre, p l'intérêt et l'amortissement annuels, $\frac{1}{n}$ le rapport de trois cent soixante-cinq jours au nombre de jours d'exploitation par an. Cette valeur de d est, comme on le voit, indépendante de la longueur de la ligne.

Pour apprécier ce que donne cette formule, supposons que le prix du cheval électrique soit 200 marcs pour un an (250 francs), que celui du cuivre soit de 2 marcs le kilogramme (2fr,50), que les machines travaillent continuellement jour et nuit, que p soit égal à 5 pour 100. Appliquons cette formule au cas du transport de 1000 chevaux, ou à la transformation de 850 chevaux électriques en énergie mécanique. A des forces électromotrices de 500, 1000, 2000, 5000 volts, correspondront des intensités de 2085, 625, 315, 125 ampères ; et la formule donnera des diamètres de 84, 46, 33 et 21 millimètres.

Il s'agit de transporter cette force à 5kil,5, la longueur des conducteurs est par suite de 11 kilomètres, les poids correspondants des fils sont de 551 680, 168 770, 80 900 et 36 000 kilogrammes et les prix de 1 379 200, 421 925, 202 250 et 90 000 francs.

Ces chiffres n'ont naturellement rien d'absolu : si l'on part de valeurs différentes de k, n, c, p, on trouve évidemment des résultats différents ; ils montrent bien cependant dans quel rapport varient les dimensions et le prix de l'installation d'un fil nu comme conducteur, avec la quantité d'énergie à transporter et les tensions acceptées.

La formule de Thomson ne s'applique exclusivement qu'aux conducteurs non isolés. Mais ces derniers ne sont guère applicables au transport des grandes forces. D'autre part, le prix du câble n'est nullement proportionnel au poids de cuivre ; on ne peut même pas l'exprimer en fonction de ce poids de cuivre seul; ce qui ne permet pas de se servir d'une formule analogue pour le câble. Il ne reste donc qu'à dresser des tableaux qui n'ont pas l'avantage de laisser embrasser les résultats d'un coup d'œil.

Nous nous servirons à cet effet des prix-courants de la Société anonyme des câbles électriques, système Berthoud, Borel et C[e], dont les produits répondent bien au cas qui nous occupe.

Supposons qu'il s'agisse d'utiliser 195 chevaux de force. Les dynamos ne rendent que 80 pour 100 par exemple, l'énergie électrique s'élèvera à 156 chevaux. Représentons cette énergie par 2000 volts et 58 ampères, et considérons 3 cas, suivant que le prix de revient du cheval électrique annuel est de 62[fr],50, 125 ou 250 francs pour un travail quotidien de vingt-quatre heures. Toutefois nous admettrons qu'il n'y ait que douze heures d'activité par jour et que la somme de l'intérêt et de l'amortissement des frais de première installation s'élève à 12 pour 100.

Un kilomètre de câble numéros 14, 15, 18, 20, 32 représente une résistance de 0,47, 1,42, 0,28, 1,15, 0,52 ohm et coûte 2600, 1300, 4500, 1500, 2500 francs.

Le prix de la perte d'énergie en tenant compte des intérêts et de l'amortissement atteint :

		francs.
380, 359, 580, 339, 375 francs.	— Le cheval électrique coûtant. . .	62,50
322, 562, 620, 634, 449	— — . . .	125
581, 967, 700, 836, 598	— — . . .	250

On aurait ainsi à choisir pour le câble les numéros 15 et 20 pour le prix de 62[fr],50 et numéros 14 et 32 pour les prix de 125 et 250 francs le cheval électrique.

Telle serait donc la méthode à suivre dans le choix du câble, car il est tout naturel de chercher à réduire autant que possible les frais généraux.

Pour la prévision des machines qui dépendent elles-mêmes des dimensions du câble, il y a deux cas à distinguer. On peut à l'instar de M. Marcel Deprez, à Munich, comme dans ses expériences ultérieures, n'adopter qu'une seule machine comme source des courants à haute tension, ou bien s'adresser à un certain nombre de machines plus petites, chacune développant une f. é. m. relativement faible, couplées en tension avec une dynamo unique, ou avec un groupe de moteurs.

Ces deux cas sont à comparer aussi bien au point de vue de la sécurité de l'exploitation que de l'économie des frais d'installation. Pour commencer par ce second point, on peut sans autre calcul considérer avec assez de vraisemblance une machine unique comme moins coûteuse qu'un groupe de machines produisant ensemble le même effet, en supposant toutefois que l'on soit à même de construire une dynamo transformant en électricité des centaines, des milliers même de chevaux. Pour éclaircir ce point, il n'a été fait aucun essai, aucune expérience. Ce principe préconisé avec raison par M. Deprez n'a été appliqué que par Edison, et encore pour de faibles tensions. Aussi longtemps donc qu'une longue pratique n'aura pas consacré ce principe, quelque économie que nous puissions réaliser dans les frais d'installation par l'emploi d'une machine unique, nous n'avons pas le droit de faire de pareilles hypothèses, d'autant plus que nous sommes dans le même doute relativement à la sécurité qu'elle offrirait. M. Marcel Deprez en a fait d'ailleurs la triste expérience à Munich, bien qu'il ne s'agissait guère de grandes forces. La machine n'a pu conserver son allure que dans un intervalle de temps très court ; il est vrai qu'on a eu à se plaindre de bien des contretemps malheureux, mais il ne faut pas oublier d'autre part que ces derniers peuvent se présenter dans la pratique. Le côté faible de ces machines c'est que certaines parties du circuit se trouvent à des potentiels trop différents pour la couche inévitablement mince qui les isole. Il paraîtrait que M. Marcel Deprez a pu éviter ces inconvénients dans ses dernières expériences, puisqu'on n'a pas mentionné d'incidents ; mais il ne faut pas oublier qu'on ne se rapproche guère de la durée d'une exploitation industrielle, et qu'après tout il n'y avait que de très faibles forces en jeu. Nous ne craignons donc pas d'avancer que chaque fois qu'il s'agira de marcher avec sécurité pendant quelque temps, il faudra renoncer à l'emploi d'une machine unique, du moins avec nos moyens actuels.

Pour celui qui a du temps, de l'argent, et de la bonne volonté, nous ne voyons pas d'inconvénient à se livrer à des essais, mais ces machines ne sont pas encore sorties de la période d'expérience. Un groupe de dynamos couplées en tension semblent au contraire présenter plus d'avantages, aussi loin que l'on peut juger. Chaque dynamo ne comportant que de faibles différences de potentiels, on n'a pas à craindre pour l'isolation des fils, qui n'ont pas besoin d'être de diamètre très petit, et peuvent recevoir une couche isolante plus épaisse ; cette observation est surtout vraie pour les fils qui composent l'anneau. Nous avons vu que, pour éviter les accidents, il faut veiller avec soin à l'isolation des dynamos avec la terre, cette précaution est encore nécessaire pour ne pas faciliter la décharge entre les fils de

l'anneau et le cœur de ce dernier. Si nous n'avons pas assez d'exemples qui puissent nous éclairer dans le cas particulier qui nous occupe, la théorie du moins permet d'admettre avec vraisemblance qu'un groupe de dynamos offre plus de chances de sécurité dans l'exploitation qu'une machine unique. N. T.

(*A suivre.*) (*Elektrotechnische Zeitschrift.*)

COUPLAGE ET CAPACITÉ

DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

C'est pour répondre à un désir souvent exprimé par plusieurs de nos lecteurs que nous donnons ici quelques renseignements pratiques sur le mode de couplage et la capacité *actuelle* des accumulateurs électriques. Nous prendrons comme type et comme couple les accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar sur lesquels nous avons eu récemment l'occasion de faire quelques mesures au laboratoire de l'École de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris.

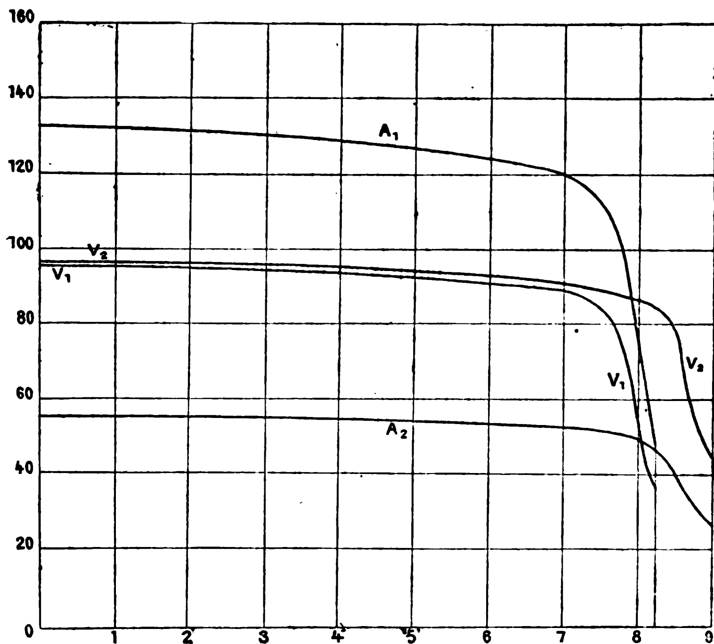
La figure ci-contre montre les courbes de décharge obtenues avec deux types différents, le premier renfermant 60 kilogrammes et le second 30 kilogrammes de plaques. Le poids brut total du premier était de 90 kilogrammes et celui du second de 45 kilogrammes.

Les temps en heures sont portés en abscisses, les volts aux bornes (V) et les ampères (A) correspondants en ordonnées. L'échelle du dessin est de un demi-millimètre par ampère pour les courbes A_1 et A_2 et de 25 millimètres par volt pour les courbes V_1 et V_2.

Les mesures ont été prises à l'aide du galvanomètre Deprez-d'Arsonval par la méthode indiquée dans l'*Électricien* du 1er juin 1884, t. VII, p. 481. C'est grâce à la sensibilité et à l'exactitude de l'appareil de mesure que les courbes de décharge affectent une forme aussi régulière. (Le galvanomètre et les résistances avaient été déjà réglés pour donner une déviation de 1 millimètre par ampère et 100 millimètres par volt sur l'échelle transparente de M. J. Carpentier.)

En examinant les courbes, on constate que la capacité de deux accumulateurs, ramené au kilogramme de plaque de plomb, est sensiblement la même : 15 ampères-heure par kilogramme. La rapidité du du débit influe sur la *forme* de la courbe de décharge. L'accumulateur 1 fournit au début plus de 2 ampères par kilogramme de

plaques, tandis que l'accumulateur 2 est déchargé moins rapidement. Aussi, dans le second cas, les courbes des ampères et des volts aux bornes restent-elles plus régulièrement horizontales. La décharge est d'autant plus constante que le débit est moins rapide. On peut remarquer aussi que la courbe des volts aux bornes de l'accumulateur 2 est toujours sensiblement supérieure à celle de l'accumulateur 1. La quantité d'électricité fournie étant sensiblement la même, l'énergie



Courbes de décharge des accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar.

Les temps en heures sont portés en abscisses, les volts et les ampères correspondants en ordonnées. L'indice 1 se rapporte à l'accumulateur de 60 kilogrammes de plaques, l'indice 2 à l'accumulateur de 30 kilogrammes. Échelle des ampères : 1/2 millimètre par ampère. Échelle des volts : 25 millimètres par volt.

électrique disponible[1] est d'autant plus grande que le débit est plus lent. Il en est de même du rendement.

Nous insistons à dessein sur ce fait, pour bien montrer que la capacité absolue d'un accumulateur et l'énergie disponible sont toutes relatives, et dépendent du régime adopté pour la décharge.

En déchargeant un accumulateur lentement, à un ampère par kilogramme de plaques par exemple, on peut en tirer 14 à 15 ampères-

[1] Ce que l'on appelle en anglais le *output*.

heure avec une différence de potentiel moyenne aux bornes de 1,9 volts. En le déchargeant rapidement, au contraire, à 4 et même 5 ampères par kilogramme de plaques, on diminue le potentiel utile, qui s'abaisse quelquefois à 1 volt, et on réduit de près de moitié l'énergie totale disponible. Ce qu'on gagne en débit rapide, on le perd en travail total.

Dans l'état actuel, on peut admettre qu'avec les accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar, depuis les gros types de 30 et 60 kilogrammes construits en Angleterre par l'*Electrical Power storage Company*, jusqu'aux petits types de 1 à 12 kilogrammes construits à Paris par M. *P. Gadot*, on peut tirer 10 à 12 ampères-heure par kilogramme de plaques avec un potentiel aux bornes de 1,8 volt, en ne dépassant pas un débit de *deux* ampères par kilogramme de plaques.

Ce sont ces chiffres que nous adopterons pour établir nos calculs.

Supposons, pour fixer les idées, un petit éclairage domestique comportant 8 lampes Swan de 12 volts et 1,4 ampère, devant fournir un éclairage de quatre heures par jour en moyenne.

Nous grouperons les 8 lampes en quantité, il faudra donc que les accumulateurs débitent $8 \times 1,4 = 11,2$ ampères lorsque toutes les lampes sont allumées simultanément.

Le type numéro 3, capable de débiter 12 ampères, — 6 kilogrammes de plaques à raison de 2 ampères par kilogramme, — conviendra parfaitement. Chaque accumulateur pouvant fournir 1,7 volt utile, pour avoir 12 volts disponibles il faudra monter :

$$\frac{12}{1,8} = 6,66,$$

soit 7 accumulateurs en tension.

Les accumulateurs de 6 kilogrammes de plaques pouvant fournir environ $6 \times 12 = 72$ ampères-heure, la provision d'énergie électrique serait suffisante pour six heures d'éclairage. Le service de quatre heures sera donc assuré avec 7 accumulateurs de 6 kilogrammes de plaques, à la condition d'effectuer chaque jour la recharge des accumulateurs.

Sans sortir du sujet que nous traitons, nous allons indiquer un moyen aussi commode que rapide de calculer le nombre *minimum* de piles ou d'accumulateurs nécessaires pour effectuer un travail extérieur donné.

Ce calcul s'effectue, en général, en partant des résistances des éléments et du circuit extérieur; nous y arrivons plus simplement par l'énergie, de la façon suivante :

Au lieu d'employer ce qu'on est convenu d'appeler les *constantes*

d'une pile ou d'un accumulateur, c'est-à-dire la force électromotrice et la résistance intérieure, il est plus pratique de faire usage des deux quantités suivantes :

1° Intensité du courant fourni en débit normal, en ampères;

2° Différence de potentiel aux bornes, disponible avec ce débit normal, en volts.

Le produit de ces deux facteurs nous donne, en *watts*, la *puissance normale* de la pile ou son débit. Nous connaissons, d'autre part, l'énergie électrique exigée par les appareils d'utilisation, en *watts*. Le quotient de ces deux nombres fait connaître le nombre *minimum* d'éléments nécessaires.

Nous allons appliquer ce mode de calcul à l'exemple ci-dessus. Les accumulateurs débitent 12 ampères avec 1,8 volts aux bornes, soit :

$$12 \times 1,8 = 21,6 \text{ watts.}$$

Les 8 lampes Swan de 12 volts et 1,4 ampères exigent :

$$12 \times 1,4 \times 8 = 134,4 \text{ watts.}$$

Le nombre *minimum* d'accumulateurs nécessaire pour les alimenter sera de :

$$\frac{134,4}{21,6} = 6,23.$$

Il faudra donc plus de 6 accumulateurs, ce qui confirme le chiffre trouvé précédemment. Le même mode de calcul montre pourquoi il est si difficile, pour ne pas dire pratiquement impossible, de faire *directement* de l'éclairage par la pile Daniell. Dans les conditions de travail maximum, une pile Daniell même de grandes dimensions ne débite pas plus de 2 ampères avec 0,5 volt aux bornes. La puissance de débit n'est donc que de $0,5 \times 2 = 1$ watt.

Pour effectuer directement l'éclairage ci-dessus, il faudrait donc 135 éléments au moins. Les piles Leclanché fourniraient un nombre encore bien supérieur.

On voit donc, par ces quelques exemples, de quelle utilité peut être dans la pratique la connaissance des conditions normales de débit, pour le calcul du nombre et du couplage des piles et des accumulateurs.

Nous proposons donc, en conséquence, d'ajouter à l'avenir aux *constantes* d'une pile ou d'un accumulateur l'indication du débit nor-

mal en ampères I_n, et de la différence de potentiel disponible correspondante d_n en volts.

En donnant ces nouveaux chiffres, les constructeurs rendraient de sérieux services à leurs clients et leur éviteraient bien des mécomptes et des désillusions. L'idéal serait de fournir en quelque sorte la *caractéristique* d'une pile, c'est-à-dire la courbe faisant connaître la différence de potentiel aux bornes pour chaque régime de décharge, mais il serait encore prématuré de le demander.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 11 août 1884.

Sur la foudre globulaire. — Note de M. Gaston Planté.

J'ai décrit, il y a quelques années, sous le nom d'*étincelle électrique ambulante*[1], un phénomène particulier produit par le passage d'un courant électrique de haute tension. Si l'on met un condensateur, à lame de mica très mince, en communication, par ses deux armatures, avec les électrodes d'une batterie secondaire de huits cents couples, le condensateur peut être percé, en raison de la tension élevée du courant, et comme, dans ces conditions, la quantité est beaucoup plus grande qu'avec une source d'électricité statique, l'effet ne se borne pas à la production d'une étincelle bruyante : il se forme un petit globule incandescent, par suite de la fusion de la matière même du condensateur, et ce globule se meut lentement à sa surface, en suivant les points où la lame isolante qui sépare les armatures présente le moins de résistance, et en décrivant les plus capricieuses sinuosités.

L'expérience peut durer une ou deux minutes ; elle ne cesse que lorsque la batterie s'est déchargée, au point que le globule ne puisse plus se maintenir fondu entre les deux armatures.

Le mouvement lent de ce petit globule est accompagné d'un fort bruissement, et, lorsque le condensateur est rendu adhérent à la surface d'une plaque de caoutchouc durci, on entend un cri aigu et strident, semblable à celui que produit une feuille de métal ou de carton

[1] *Comptes rendus*, t. LXXXVII, p. 325.

sciée ou déchirée par une roue dentée animée d'une grande vitesse. Le condensateur est en même temps scié et découpé à jour, sur tout le trajet du globule étincelant.

J'ai signalé l'analogie de ces effets avec ceux de la foudre globulaire. Pour mieux imiter encore les conditions dans lesquelles se produit le phénomène naturel, j'ai augmenté dernièrement la tension de la source d'électricité dynamique, et mis en jeu le courant d'une batterie secondaire de 1600 couples, dont la force électromotrice, dans les premiers instants de la décharge, est de 4000 volts environ. Supprimant, d'autre part, la lame de mica et les armatures métalliques, puisqu'il n'y a dans l'atmosphère que des masses d'air et de vapeur d'eau, j'ai opéré simplement avec des surfaces humides électrisées, séparées par une couche d'air. Ces surfaces humides étaient constituées par des tampons ou des disques de papier à filtrer humectés d'eau distillée.

Dès qu'on met ce système en relation avec les pôles de la batterie, on voit apparaître une petite *boule de feu* qui court, de côté et d'autre, entre les deux surfaces, et présente des intermittences spontanées dans son apparition et sa disparition, pendant plusieurs minutes. Comme la batterie se décharge ainsi moins rapidement qu'entre des armatures métalliques, l'expérience dure en effet plus longtemps. Les intermittences proviennent de ce que, lorsque le globule de feu a desséché divers points des surfaces humides, par suite de l'effet calorifique qu'il produit, et fait disparaître la vapeur d'eau dont la présence diminuerait la résistance de l'intervalle entre les surfaces, le courant s'interrompt sur ces points; mais l'effet reparaît alors sur d'autres points restés humides, et ainsi de suite.

Ces expériences me paraissent confirmer les explications que j'ai déjà présentées relativement à la foudre globulaire[1], et je crois pouvoir en conclure aujourd'hui, avec plus de certitude, que la foudre globulaire est une décharge lente et partielle, soit directe, soit par influence, de l'électricité des nuées orageuses, lorsque cette électricité est en quantité exceptionnellement abondante, et que la nuée elle-même, ou la colonne d'air humide fortement électrisée, qui en forme pour ainsi dire l'électrode, se trouve très rapprochée du sol, au point de l'atteindre presque complètement, ou de n'en rester séparée que par une couche d'air isolante de faible épaisseur.

Dans ces conditions le flux électrique, par suite de son abondance, ou plus exactement la matière pondérable qu'il traverse, s'agrège, comme dans les expériences que je viens de décrire, sous la forme d'un globe de feu. C'est en quelque sorte un *œuf électrique*, sans enve-

[1] *Comptes rendus*, 3 mai 1875, 21 août 1876, 1er oct. 1877 et 19 août 1878.

loppe de verre, qui se forme avec les éléments de l'air et de la vapeur d'eau raréfiés et incandescents. Ce globe fulminaire ne constitue pas une sorte de bombe chargée d'électricité; il n'est point fulminant et dangereux par lui-même, comme le prouvent d'ailleurs les curieuses relations de Babinet et de divers observateurs; car le moindre courant d'air suffit à le déplacer, de même que dans les expériences ci-dessus : une faible insufflation sur le globule peut l'éloigner ou le faire momentanément disparaître; mais sa présence est néanmoins redoutable : car il amène l'électricité de la nuée orageuse, avec laquelle il communique d'une manière latente, ou quelquefois visible, comme à l'extrémité des trombes, et révèle le *lieu d'élection* de son écoulement.

Si la couche d'air qui sépare la nuée du sol n'est point traversée, le globe de feu peut disparaître sans bruit, comme on l'a souvent observé; ou si une portion de la nuée orageuse s'abaisse vers la terre ou un autre point, la foudre peut tomber plus loin, en même temps que le globe disparaît. Mais, si la couche d'air est percée, il en résulte naturellement, sur le point même où apparaissait le globe, une chute de foudre, accompagnée du bruit du tonnerre, provenant, non de la faible quantité d'électricité renfermée dans la petite masse d'air raréfié et lumineux qui forme le globe, mais de la décharge brusque de toute l'électricité ou d'une grande portion de l'électricité contenue dans la nuée orageuse.

La marche lente et capricieuse de ces globes fulminaires s'explique, comme celle des globules de feu électriques produits dans les expériences décrites ci-dessus, par les variations de la résistance de la couche d'air qui les sépare du sol, et par la tendance naturelle du flux électrique à chercher la ligne de moindre résistance pour son écoulement vers la terre.

Quant aux globes de feu qui apparaissent quelquefois au sein des nuages eux-mêmes, par de violents orages, et dont Arago a relaté plusieurs exemples, l'expérience précédemment citée en offre une image exacte, quoique très réduite, et permet de bien se rendre compte du phénomène naturel.

Ainsi peuvent s'expliquer les divers effets de la foudre globulaire ou tonnerre en boule, qui semblaient être une énigme, tant que l'on n'avait pour terme de comparaison que les effets des appareils d'électricité statique, dans lesquels la quantité d'électricité en jeu est trop minime pour présenter des phénomènes analogues, mais qui deviennent, au contraire, faciles à comprendre, en les rapprochant des effets produits par une source d'électricité dynamique, réunissant à la fois la *quantité* et la *tension*.

CORRESPONDANCE

A PROPOS D'UNE RÉPONSE DE MM. DAMOISEAU ET PETITPONT A LA NOTE SUR L'UTILISATION SPÉCIFIQUE MAXIMA DU CUIVRE DES DYNAMOS.

D'abord je regretterais beaucoup que les auteurs de la machine à 3 balais aient pu se méprendre sur le mobile qui m'a fait écrire. Obéissant à un sentiment de justice, mon but était surtout d'attirer l'attention sur l'une des nombreuses combinaisons ingénieuses dues à M. Solignac, le jeune constructeur dont j'ai eu l'occasion de constater plusieurs fois le mérite. J'ai souvent pensé que le public technique ne connaît pas assez les ressources de cet esprit inventif et organisateur, dont presque tous les essais ont eu de la valeur.

Je devais le faire, d'autant plus que je suis cause, en partie, que M. Solignac n'ait pas poussé plus loin ses recherches dans cette voie.

La machine à 3 balais, à 2 pôles non épanouis, rapprochés, participait donc, dans mon esprit, à l'ingéniosité que j'avais appréciée dans la machine de M. Solignac à 4 balais, à pôles non épanouis, opposés.

J'ajouterai que je ne demande pas mieux, après les vacances, d'être mis à même de me rendre compte de la vertu spéciale du dispositif à 3 balais, et que, le cas échéant, ce serait pour moi un devoir et un vrai plaisir de faire ressortir cette vertu, attendu que les applications qui me préoccupent toujours (Transport et Distribution de l'Énergie), sont intimement liées à tout progrès dans la puissance et le rendement des dynamos.

Mais, pour le moment, même après la courte lettre des auteurs que je viens de lire à la page 138 du numéro 80 de *l'Électricien*, il me semble encore que les grandes lignes de la question sont :

1° Que tout mérite, de l'ordre dont il s'agit, qui appartiendrait au type précité de machine Damoiseau à 3 balais, appartiendrait, pour les mêmes raisons, au type précité de machine Solignac à 4 balais.

2° Que la force électromotrice développée dépend proportionnellement de la longueur et de la vitesse du fil induit normalement aux lignes de force, au champ magnétique et à la densité spécifique de ce dernier.

3° Qu'à même valeur du champ magnétique, rendu N fois plus dense par diminution correspondante de l'épanouissement polaire, la même force électromotrice est engendrée à même vitesse linéaire par une longueur N fois plus petite de fil induit, ce qui correspond au même nombre total de watts par même courant de circulation. Sans doute cet avantage ne manque pas d'importance puisqu'on économise, en le laissant disponible, non seulement le travail thermique de la résistance électrique *statique* sur les $\frac{N-1}{N}$ du fil de l'anneau, mais encore le travail de l'accroissement de résistance électrique *dynamique*.

4° Mais en réfléchissant, on croit voir que si une machine Gramme, par exemple, à anneau ou à disque à 2 balais ordinaires, peut être améliorée par un dispositif de ce genre, à même champ et vitesse, cela veut dire que la machine, avant cette transformation, n'était pas proportionnée pour le mieux.

5° Que cette machine, tout en conservant les deux balais opposés, aurait pu être dotée des mêmes avantages en restreignant convenablement les dimensions actives des pôles, celles de l'armature et la longueur de l'enroulement induit à mêmes vitesse linéaire et champ.

6° Qu'au lieu de réduire armature et longueur induite, la même machine pourrait encore conserver le rendement que lui apporte le dispositif particulier, avec même un surcroît de pouvoir spécifique, en laissant l'anneau tel quel, et en constituant l'inducteur par l'adjonction de $N-1$ électros pareils à l'électro existant et avec N paires de balais.

Je ne m'arrête pas à l'objection de l'échauffement plus grand du fil induit, car, ne sortant pas de la grande ligne, nous pouvons admettre que, grâce au refroidissement artificiel, tout le fil induit peut laisser passer l'intensité du courant qui peut circuler sans inconvénient dans sa $\frac{1}{N}$ partie, laquelle jouit en effet de meilleurs conditions de diffusion calorique. Il est évident, d'ailleurs, que ces conditions naturelles favorables de refroidissement se retrouvent plus avantageuses encore dans le dispositif Solignac à 4 balais.

Enfin, sauf erreur d'interprétation de la lettre et de la note à l'Institut, leur disque induit serait, d'après les auteurs, d'un diamètre moyen analogue à celui de l'anneau Gramme d'atelier, la vitesse linéaire serait donc supérieure pour 1900 tours par minute au lieu de 900. Quant à l'électro, il serait plutôt plus faible si l'on s'en tient à la moindre quantité de cuivre enroulé; il est vrai que nous ignorons si les auteurs ont cherché à mieux utiliser le travail excitateur par l'emploi d'une masse magnétique plus grande ou plus efficace.

Il est bien entendu que j'ai voulu rester dans les grandes lignes de la question, car j'ai toujours pensé et dit que les réactions dont l'anneau est le siège étaient des plus complexes, et c'est pour cela que, dès le principe, j'ai jugé rationnel de tout totaliser en deux effets résultants, choisis d'après les dominantes : valeurs *effectives* du magnétisme et de la résistance intérieure.

Je n'ai jamais eu l'intention de dénier à M. Gramme le droit ni la faculté d'augmenter le pouvoir du kilogramme de cuivre par de plus favorables proportions et dispositions, j'ai dit seulement que le pouvoir de 100 watts du type d'atelier tombait à 80 et 70 watts dans la série montante de spécimens semblables du même type, depuis les dimensions de 2,5 chevaux jusqu'à celles de 16 chevaux et dans la série ascendante de 2,5 chevaux à quelques kilogrammètres. Le but de cette citation expérimentale était de montrer que le fait confirmait d'une façon intéressante la loi générale mécanique que j'ai énoncée ainsi : Une entité géométrique quelconque étant donnée, si on concrétise cette entité de proportions avec une ou plusieurs mêmes matières, il existe nécessairement, pour des forces élémentaires non parallèles, une

valeur absolue des dimensions de l'entité qui rend maximum la certaine utilisation pécifique des matériaux en vue de laquelle la machine a été constituée.

G. Cabanellas.

FAITS DIVERS

Illumination de la grotte d'Adelsberg. — Depuis quelque temps la grotte d'Adelsberg est éclairée à la lumière électrique. L'effet est magique. Les cicerone eux-mêmes qui ont parcouru des milliers de fois ces couloirs souterrains sont dans l'extase. Ce n'est que depuis lors, disent-ils, que nous connaissons notre grotte. De nombreux stalactites et stalagmites qui se dérobaient aux regards, cachés qu'ils étaient dans la pénombre, ont apparu tout à coup comme par enchantement au grand ébahissement de ceux qui se piquaient de connaître les moindres détails de cette merveille de la nature. On peut admirer des colonnades entières qui étaient restées inaperçues. Les plafonds élevés du belvédère et du calvaire donnent l'illusion de pierres précieuses enchassées dans une coupole d'albâtre. Toutes ces surfaces cristallines jettent des feux que l'on n'aurait jamais soupçonnés. Pour ravir leurs secrets à ces cavernes interminables, il a suffi d'installer 12 foyers de 1500 bougies chacun.

—

Influence des dynamos sur les montres. — On sait que les montres subissent très facilement l'influence du magnétisme, et plus d'une, dont on se servait pour compter les tours d'une dynamo, a dû être mise au rebut. Du moins, c'était presque l'unique ressource qui existait autrefois, à moins de les porter au rouge blanc. Il y avait donc lieu de chercher un moyen de les démagnétiser. On a proposé à cet effet de placer la montre influencée au centre d'une bobine recevant des courants alternatifs d'intensités décroissantes. M. Uppenborn, directeur du *Centralblatt für Elektrotechnik*, raconte dans son journal qu'il a fait l'acquisition d'une montre à remontoir, fabriquée par un horloger de Nuremberg de manière à être à l'épreuve du magnétisme. Depuis un an que notre confrère possède cette montre, elle s'est parfaitement comportée; il a pu même la soumettre au pôle d'un électro-aimant extraordinairement puissant sans observer aucune modification.

—

Lanterne électrique pour locomotive. — On a fait des essais sur le chemin de fer de Chicago, Saint-Louis et Pittsburg, d'une nouvelle lanterne électrique pour locomotive, qui paraît avoir donné toute satisfaction. Cette lampe a été construite par M. Woolley. Elle est alimentée par une dynamo directement

actionnée par un moteur qui reçoit sa vapeur de la chaudière de la locomotive. Il s'est immédiatement formé une société pour l'exploitation de ce brevet, au capital de 30 millions, sous le nom de *American locomotive Electric Headlight Company*. Deux nouvelles sociétés exploitant la même invention se sont formées quelque temps après à Indianopolis et à Dayton.

(*Centralblatt für Elektrotechnik.*)

—

La lumière électrique au service des ambulances. — Une de ces dernières nuits, Berlin a été le théâtre d'une expérience très intéressante; il s'agissait d'utiliser la lumière électrique pour le service des ambulances. Deux régiments simulèrent une attaque vers onze heures du soir. Le combat terminé, de nombreux soldats jonchaient le champ de bataille, et représentaient les morts et les blessés. Aussitôt accourut une forte colonne d'ambulanciers, aidés dans leur recherche par la lumière électrique. L'appareil d'éclairage monté sur roues et traîné par des chevaux, comme une pompe à incendie, est actionné par une machine à vapeur. Les foyers, au nombre de 9, sont suspendus à l'extrémité de longues perches qui sont mobiles dans toutes les directions, permettant ainsi de fouiller le terrain. Cette expérience a parfaitement réussi. En quelques instants 318 chirurgiens, aides et infirmiers étaient aux côtés des morts et blessés imaginaires et leur prodiguaient les soins d'usage.

—

Un conseil charitable a M. Cornu. — Nous lisons dans le *Centralblatt für Elektrotechnik :* Les préparatifs pour les nouvelles expériences de M. Deprez sont en bonne voie. Les anneaux de la machine auraient un diamètre de $0^m,82$ et une largeur de $0^m,70$. L'enroulement aura lieu avec un fil de 2 millimètres de diamètre. Cette section est suffisamment grande pour l'intensité prévue de 20 ampères. Quelle sera la f. é. m. nécessaire? Le compte en est vite fait. On se propose de transporter 200 chevaux; comptons sur 60 pour 100 de rendement, c'est donc $\frac{200}{0,60}$ ou 333 chevaux qu'il s'agit de transformer en énergie électrique ou 245 000 volts-ampères. Pour une intensité de 20 ampères il faudrait donc une tension de 12 250 volts. Mais si nous comprenons qu'il s'agit d'utiliser 200 chevaux en travail électrique, puis en travail mécanique, nous n'aurions que 147 000 volts-ampères et par suite une f. é. m. de 7350 volts. *Nous engageons fort M. Cornu à ne pas commettre cette fois la distraction de toucher les bornes de la machine.* Cette fois, il n'en sortirait guère sain et sauf. Nous avons l'esprit *tendu* vers cette expérience (à combien de volts?). Si la machine peut développer et supporter une pareille tension, ce sera déjà un beau résultat, au point de vue technique.

—

Moteurs électriques. — Les chiffres relatifs aux conditions de fonctionne-

ment des moteurs électriques sont encore assez peu connus pour que nous croyions utile de mettre sous les yeux de nos lecteurs les valeurs *moyennes* des principaux éléments de fonctionnement des moteurs électriques de MM. Ayrton et Perry.

Le plus petit type pèse 16 kilogrammes, il tourne à 1800 ou 2000 tours par minute et fournit un travail de 0,3 à 0,4 cheval-vapeur avec un rendement de 36 à 40 pour 100.

Suivant l'enroulement adopté, il faut 25 volts aux bornes et 25 ampères; 50 volts et 14 ampères; 100 volts et 6,1 ampères.

Le type de 0,75 cheval-vapeur pèse 75 livres anglaises (34 kilogrammes). Suivant l'enroulement, il faut lui fournir 36 volts aux bornes et 31 ampères ou 100 volts aux bornes et 11 ampères.

Le type de 1,5 chevaux-vapeur pèse 96 livres (42,3 kilogrammes). Suivant l'enroulement, il exige 50 volts et 48 ampères, ou 100 volts et 24 ampères.

Le type de 2,3 chevaux-vapeur pèse 134 livres (60 kilogrammes). Suivant l'enroulement, il demande 50 volts et 68 ampères ou 100 volts et 34 ampères.

Il va sans dire que, pour chaque type, on peut, en modifiant convenablement la longueur et la grosseur des fils, obtenir la même quantité de travail en prenant pour l'intensité et les volts aux bornes des valeurs intermédiaires entre les limites extrêmes que nous venons d'indiquer.

La fabrication du bichromate de potasse. — L'énorme quantité de bichromate de potasse que l'on consomme actuellement dans l'industrie rend la fabrication économique de ce produit un sujet de la plus grande importance. Nous apprenons que M. Potter essaye d'introduire le *bichromate de soude*, comme étant un peu meilleur marché. D'autre part, M. Roemer fait connaître un procédé économique pour la fabrication du bichromate de potasse.

On fait fondre ensemble 100 parties de minerai de chrome avec 150 parties de chaux, 40 parties de potasse et 30 parties de soude. On opère la lévigation comme d'habitude avec de l'eau, et la liqueur qui en résulte, et qui contient du chromate de potasse et du chromate de soude, est traitée avec de l'acide sulfurique ou hydrochlorique dans la proportion voulue pour former du bichromate de potasse et du sulfate de soude. Par l'évaporation, le bichromate de potasse se cristallise. Un équivalent de chromate neutre de potasse, *plus* un équivalent de chromate neutre de soude (telle est la composition de la liqueur), exigent un équivalent d'acide sulfurique monohydraté, et donnent un équivalent de bichromate de potasse, un équivalent de sulfate de soude et deux équivalents d'eau.

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9813. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

SUR LA MESURE

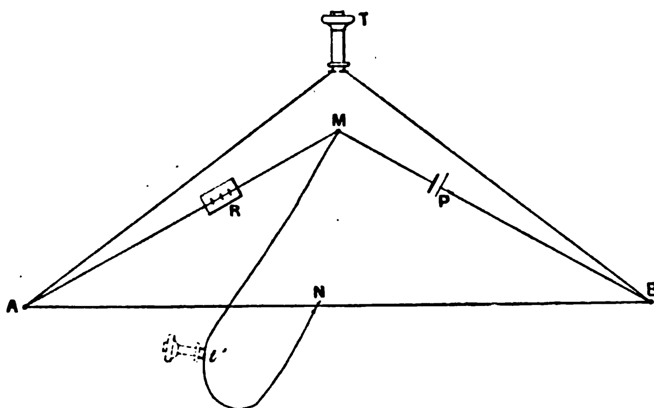
DE LA RÉSISTANCE INTÉRIEURE DES PILES

EMPLOI DU TÉLÉPHONE

La deuxième des grandeurs qui servent à caractériser un élément de pile, la résistance intérieure ne présente pas toujours un sens aussi net que celui de la force électromotrice. On donne, en effet, habituellement la valeur de cette force pour le cas d'un circuit extérieur de résistance infinie ou très grande, circonstances dans lesquelles elle varie peu. La résistance intérieure au contraire est mesurée en plaçant l'élément dans des circuits variables, traversés par des courants assez intenses, sans que les résultats que l'on obtient ainsi soient accompagnés d'aucune indication sur les conditions de la mesure. Cependant, il y a de nombreuses raisons théoriques de penser que, dans les piles polarisables au moins, la résistance intérieure, comme la force électromotrice, varient avec le débit. Il serait donc utile de joindre à la mesure de cette constante une détermination au moins approchée du régime auquel le couple était soumis, ou de la résistance extérieure sur laquelle il travaillait.

En général, les méthodes employées pour mesurer cette résistance intérieure reviennent à former deux équations dans lesquelles entrent les constantes de la pile et des grandeurs que détermine l'expérience. Ces deux équations correspondent ainsi à deux états de régime permanent de l'élément considéré, et lorsque, par élimination, on en tire les valeurs de la force électromotrice et de la résistance, on obtient, si ces grandeurs sont variables avec le régime, des valeurs moyennes qui ne peuvent convenir que pour des états voisins de ceux que l'on a examinés. Pour étudier la marche des constantes dans tous les états de l'élément, il faudrait examiner un assez grand nombre d'équations semblables. C'est seulement ainsi que l'on pourrait établir soit la constance relative de la résistance intérieure, soit la loi de sa variation.

Si l'on veut se contenter d'une seule mesure, on voit qu'elle n'aura guère de sens précis qu'en plaçant le couple à étudier dans des conditions très voisines de celles où on doit l'utiliser pratiquement. A ce point de vue, les différentes méthodes ne présentent pas une égale commodité, toutes ne permettant pas d'étudier les éléments à l'état de régime permanent bien établi et sur des résistances extérieures aisées à apprécier et à faire varier. — La méthode de Siemens, celle de Clark, sont celles qui donnent le plus aisément ces résultats. Il en est de même de la méthode de Mance; mais cette dernière offre encore un



autre avantage : comme tous les procédés de mesure par compensation, elle peut être mise en pratique avec n'importe quelle sorte de galvanomètre ou d'appareil galvanoscopique, sans qu'on ait à se préoccuper ni de la constante de l'appareil, ni de sa variation pendant l'expérience. Avec une légère modification, on peut même approprier cette méthode à l'emploi très rapide et très commode du téléphone, sans qu'elle cesse pour cela de présenter une exactitude bien suffisante pour la pratique industrielle.

Voici comment on peut disposer l'expérience :

On rattache, par des fils de résistance négligeable, le couple P et la résistance de comparaison R l'un à l'autre, et aux deux extrémités d'un rhéocorde rectiligne AB construit avec un fil fin de maillechort ou de platine (les diamètres de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{10}$ de mil-

limètres sont les plus convenables). Les quatre côtés du losange[1] seront ainsi représentés par AM, MB et deux fractions du rhéocorde AB. Le téléphone T se place sur l'une des diagonales ATB, qui peut avoir une résistance quelconque et très grande; l'autre diagonale est un conducteur flexible MN, de résistance également arbitraire, et terminé en N par un fil fin de platine. Après avoir fermé le circuit AMB, et lorsque le régime permanent est établi, on promène le fil de platine sur l'étendue du rhéocorde, en touchant légèrement les divers points. On reconnaît ainsi l'existence d'un point N pour lequel le bruit produit dans le téléphone par le contact des deux fils est minimum, et l'on a :

$$\frac{x}{R} = \frac{BN}{AN}.$$

La position du point N est assez bien déterminée bien qu'il n'y ait pas silence complet du téléphone, mais seulement un minimum dans le son produit. Le crépitement léger entendu ainsi dans la position d'équilibre est dû surtout à la self-induction de l'ensemble du circuit. Le courant, en effet, n'est nul à aucun moment et dans aucune partie du pont, et, lorsqu'on établit le contact en M, il varie dans les branches tout en restant le même dans la diagonale ATB du téléphone. Comme ce téléphone jouit de la propriété de rester silencieux pendant le passage d'un courant continu, tandis qu'il indique avec une grande sensibilité les moindres variations discontinues de ce courant, il permet, s'il n'y a d'autres effets que celui de la dérivation, de déterminer la position du point N. Mais lorsque les circuits AMB et AB dans lesquels le courant varie, même lorsque le contact est bien placé, ont un coefficient de self-induction notable, l'effet du courant produit par cette self-induction vient s'ajouter à celui de la dérivation et il n'y a pas de point silencieux. Comme il est théoriquement impossible que la résistance de comparaison R et l'ensemble AMB soient absolument dépourvus de self-induction, on entendra toujours le passage d'un faible courant au moment du contact. Aussi est-il extrêmement important d'employer un rhéostat rectiligne, des fils non roulés en spirale pour les communications, et surtout une résistance de comparaison soigneusement enroulée en double.

[1] Voy. le diagramme de la méthode de Mance dans le *Formulaire de l'Électricien*.

On peut aussi avec succès se servir de résistances liquides ou d'un tube à mercure; mais avec des bobines enroulées simplement, l'effet de la self-induction est considérable, et l'on finit par ne plus trouver de point silencieux.

La même difficulté ne se rencontre pas lorsqu'on emploie le téléphone, avec une disposition analogue du pont de Wheatstone, pour la mesure des résistances, enroulées ou non, mais non accompagnées d'une force électromotrice. Le téléphone se place en ce cas en t', dans le circuit flexible, les résistances en R et en P, et, à la place du téléphone en t', on met un ou deux petits éléments Daniell. Si l'on a alors la précaution de fermer le courant dans l'ensemble du pont, *une fraction de seconde seulement* avant de lire la position du point N, ce point correspond à un silence absolu, comme on devait s'y attendre, puisqu'il ne passe aucun courant dans l'instrument, quelle que soit d'ailleurs la self-induction de la résistance à mesurer et des différents circuits. L'on peut par conséquent mesurer ainsi et avec une précision de $\frac{1}{2}$ à $\frac{1}{4}$ pour 100, les résistances de fils enroulés ou de bobines d'induction, ce que ne permettrait pas l'emploi du téléphone avec un trembleur dans le circuit de la pile.

Pour la mesure des résistances de piles ou des colonnes liquides dépourvues de self-induction au contraire, l'emploi d'un courant alternatif dans le circuit principal fournit de bons résultats; c'est la méthode de Kohlrausch, que nous n'avons pas décrite, la supposant bien connue de nos lecteurs.

En résumé, la résistance intérieure des couples se mesure aisément, comme toutes les autres grandeurs électriques, par une méthode de compensation permettant l'emploi de n'importe quel appareil galvanoscopique; on peut se servir en particulier du galvanomètre ordinaire, de l'électromètre de Lippmann, ou d'un téléphone. Quel que soit d'ailleurs l'appareil employé, la méthode de Mance permet toujours de définir aisément les circonstances du régime auquel la pile était soumise, c'est-à-dire la résistance extérieure sur laquelle elle était en travail.

G. CHAPERON.

EMPLOI DE L'ÉLECTROLYSE
POUR LA PRÉPARATION DE LA CUVE D'INDIGO

Dans des publications antérieures, ainsi que, et avec plus de détails, dans le numéro du 15 mars 1884 de cette Revue[1], j'avais parlé de la préparation de la cuve d'indigo par voie électrochimique. Depuis, mon honoré collègue, M. le professeur Wartha, à Budapest, a publié dans la *Chemikerzeitung*, VIII, numéro 25, une communication préliminaire très intéressante sur le même sujet. Pour pouvoir examiner par de nouvelles expériences les quelques points secondaires où M. Wartha n'était pas d'accord avec moi, je me suis adressé à mes collègues du Comité de chimie de la Société industrielle de Mulhouse, qui ont bien voulu me procurer quelques drogues de fabrique, de l'indigo finement broyé, tel qu'on l'emploie dans les fabriques pour la préparation des cuves par les méthodes ordinaires, ainsi que des cuves d'indigo déjà préparées et plus ou moins concentrées. Je saisis cette occasion pour remercier MM. Eugène Dollfus, Keller et G. Schaeffer.

Bien que M. Wartha a constaté mon résultat principal, de la cuve d'indigo par voie électrochimique, j'avais entrepris une nouvelle série d'expériences, en travaillant avec des indigos broyés de différentes provenances, en mélange soit avec des alcalis, soit avec de la chaux caustique et dans des appareils de différents genres, soit à froid, soit à chaud, et pendant une durée plus ou moins longue. Comme je l'avais dit dans ma publication antérieure, je chauffe, pour obtenir la cuve, en remuant constamment, le mélange d'indigo broyé et d'alcali ou de chaux caustique, pendant que je fais agir le courant galvanique. Aussi dans cette nouvelle série d'expériences j'ai obtenu de bons résultats. J'avais mentionné que l'hydrogénation de l'indigo peut se faire déjà à froid. Par suite de mes récentes études je puis affirmer aujour-

[1] La description détaillée des essais et des appareils employés a été présentée au Comité de chimie de la *Société industrielle de Mulhouse* dans sa séance du 9 juillet 1884.

d'hui ce que M. Wartha a reconnu, que l'hydrogénation du bleu d'indigo, que son changement en blanc n'est que très imparfait à la température ordinaire. On peut obtenir, comme je l'avais dit, déjà à froid une cuve d'indigo, mais une cuve beaucoup plus faible que celles obtenues à températures élevées, en allant même jusqu'au point de l'ébullition, où, comme l'a aussi trouvé M. Wartha, l'hydrogénation de l'indigotine se fait vite. Cependant je dois affirmer l'opinion de M. Wartha, que chez les cuves chaudes on a à craindre que la métamorphose de l'indigotine ne dépasse le point où le blanc d'indigo s'est formé. Mes essais prouvent que, par une action prolongée du courant galvanique, soit à froid, soit à chaud, sur les cuves d'indigo, le blanc d'indigo subit de nouvelles métamorphoses et que la cuve d'indigo, au bout d'une action plus ou moins prolongée de l'hydrogène électrolytique, est même détruite. M. Wartha nous a promis des essais quantitatifs. Quant à moi, je me suis bien servi de la balance pour peser les quantités d'indigo et d'alcalis ou de chaux caustique, que j'ai mélangées avec une quantité d'eau distillée mesurée dans les proportions usuelles des fabriques; mais, quant à la détermination quantitative du blanc d'indigo formé, etc., je n'ai pas eu le temps nécessaire pour l'exécuter. Je me suis contenté d'essais de teinture comparatifs, qui, du reste, ont encore plus de valeur pour la pratique.

Comme l'action prolongée du courant diminue toujours de plus en plus la force de la cuve, jusqu'à ce qu'elle soit arrivée enfin à zéro, il est évident que l'opinion que j'avais exprimée dans le temps sur la possibilité de conserver les cuves au moyen de faibles courants n'est plus à soutenir, aussi longtemps qu'on ne réussira pas à associer au blanc d'indigo un corps qui le protège d'une hydrogénation trop prolongée.

En montrant qu'on peut arriver à la cuve d'indigo par le courant galvanique, c'est-à-dire par l'hydrogène, qui se dégage à l'électrode négative, je n'ai pas eu la prétention de dire que cette préparation soit pratique et puisse remplacer dès aujourd'hui les autres méthodes connues depuis plus ou moins longtemps, comme celles à la couperose, au zinc et à l'hydrosulfite. J'ai donné les faits tels qu'ils sont, et cela a été pour moi une satisfaction de savoir qu'ils ont provoqué de l'intérêt chez des collè-

gues. La note et les remarques de M. Wartha étaient pour moi une nouvelle impulsion pour étudier encore une fois certains points sur lesquels maintenant, je l'espère, nous sommes d'accord.

La préparation de la cuve d'indigo par voie électrochimique est encore loin d'être pratique, mais ce que nous en savons déjà est au moins une indication, qu'il vaut la peine de continuer les recherches et de ne pas se laisser décourager. J'espère que les résultats que j'ai trouvés jusqu'à présent me guideront sur un meilleur chemin et que je pourrai présenter plus tard des résultats plus dignes de l'attention du praticien. Je crois être bien renseigné si je prétends que même les cuves d'indigo des fabriques présentent souvent des difficultés et que certaines questions qui jouent un rôle important dans la cuve électrolytique pourraient être relevées aussi pour les cuves ordinaires déjà si bien connues et étudiées. Là même il faut bien prendre garde que le point de formation du blanc d'indigo ne soit pas dépassé, pour que le rendement se rapproche autant que possible de la quantité de blanc correspondant à la quantité de bleu contenu dans l'indigo du commerce employé.

Malgré toutes les expériences faites jusqu'à présent sur ce chapitre et malgré tous les beaux travaux apparus, ne vaudrait-il pas la peine de faire de nouvelles recherches approfondies sur les différentes questions qui concernent les cuves d'indigo ?

Je termine cette note en rappelant que je suis décidé à poursuivre mes études théoriques, qui sont en rapport avec les recherches que j'ai faites jusqu'à présent. J'y compte aussi une étude approfondie des métamorphoses qui ont lieu aux deux pôles et de la manière de s'y comporter non seulement de l'indigotine, mais aussi de toute la série de corps qui sont en rapport avec lui. Peut-être que l'électrolyse pourrait trouver quelquefois son application, seule ou en concours avec d'autres substances.

Les recherches expérimentales me prouveront si mes idées théoriques sur la question sont réalisables ou non.

FORMATION DE LA CUVE D'INDIGO SUR LES FIBRES TEXTILES MÊMES PAR VOIE ÉRECTROCHIMIQUE ET FIXATION DU BLEU INDIGO SUR LE TISSU[1].

Au courant de mes nouvelles recherches sur la cuve d'indigo électrolytique, je suis arrivé à un fait nouveau qui me paraît être assez intéressant pour être communiqué.

Dans mes expériences précédentes, j'avais préparé d'abord la cuve d'indigo en faisant agir le courant galvanique sur un mélange d'indigo finement broyé et d'une solution aqueuse d'alcali ou de chaux caustiques. Après j'avais teint le tissu dans cette cuve électrolytique. Ou bien j'avais teint le tissu en même temps que j'avais fait passer le courant par le mélange, de sorte que successivement le blanc d'indigo, formé par l'hydrogénation du bleu d'indigo à l'électrode négative, s'est porté sur la fibre pour après se rechanger à l'air en bleu qui y reste fixé solidement.

Depuis j'ai formé, à l'aide du courant galvanique, la cuve d'indigo sur les fibres textiles mêmes, de sorte que les fibres au moment de la formation de la cuve en sont pénétrées et que, par une exposition du tissu à l'air, le blanc d'indigo se rechange en bleu, qui reste fixé sur les fibres d'une manière tout aussi solide que les bleus cuve ordinaires.

Je mélange l'indigo finement broyé avec la solution de l'alcali caustique ou de la chaux caustique dans les proportions usuelles des fabriques qui teignent en bleu cuve. Je trempe avec le mélange le tissu qui doit être teint en bleu indigo. Je place le tissu sur une plaque ou une feuille métallique formant l'une des électrodes, et je place sur le tissu une seconde plaque ou feuille métallique formant l'autre électrode. Je fais passer le courant galvanique. Aussitôt le bleu d'indigo est hydrogéné et la cuve se forme, ce qu'on remarque déjà extérieurement par la couleur cuivrique et l'odeur de cuve qui se montrent.

En exposant après le tissu à l'air pendant quelque temps, on n'a plus qu'à le laver pour le voir solidement teint en bleu indigo.

[1] La description détaillée des essais et des appareils a été présentée au Comité de chimie de la *Société industrielle de Mulhouse* dans sa séance du 9 juillet 1884.

Pour arriver à des nuances plus foncées on peut alternativement faire agir le courant sur le tissu trempé, l'exposer à l'air, le retremper dans le mélange d'indigo et de solution caustique, renouveler l'action du courant et ainsi de suite.

Je ne prétends pas que le fait dont j'ai parlé, soit déjà applicable en pratique, bien que les difficultés ne seraient pas trop grandes. On n'aurait qu'à faire passer le tissu par le mélange d'indigo broyé et de solution caustique, et après par exemple entre deux cylindres métalliques dont l'un formerait l'électrode positive et l'autre l'électrode négative. Par une exposition du tissu à l'air, la déshydrogénation de l'indigo blanc aurait lieu et le bleu indigo régénéré en présence de la fibre teindrait le tissu. Aussi par voie électrochimique on pourrait à certains endroits ronger en blanc le bleu indigo et même produire de nouvelles teintes.

On peut faire l'inverse et protéger le tissu avant l'opération électrochimique à certains endroits par des réserves pour blanc ou dessins colorés.

RONGEAGE DU BLEU INDIGO ET DU ROUGE TURC PAR VOIE ÉLECTROLYTIQUE[1].

Dans la séance du 14 mai du Comité de chimie de la *Société industrielle de Mulhouse*, M. Albert Scheurer a présenté une note excessivement intéressante sur les enlevages sur indigo et rouge turc au moyen du chlore gazeux.

En rappelant que le chlore, même humide, ne détruit l'indigo que trop lentement, pour que le procédé d'enlevage signalé par M. Persoz, père, dans son célèbre ouvrage, puisse trouver un emploi dans la fabrication, M. Alb. Scheurer a fait la communication importante, que, si l'on imprime sur indigo ou rouge turc un alcali caustique, épaissi, l'enlevage au moyen du chlore gazeux est immédiat. Je n'ai pas hésité à faire des expériences pour examiner s'il n'était pas possible de profiter de ce fait pour ronger à l'aide du courant galvanique certaines

[1] Échantillons et dessins des appareils employés ont été présentés au Comité de chimie de la *Société industrielle de Mulhouse* dans sa séance du 9 juillet 1884.

couleurs, en première ligne le rouge turc et le bleu indigo. J'ai parfaitement réussi.

Dans mes expériences antérieures j'avais employé pour le rongeage de ces deux couleurs comme électrolytes des solutions de nitrates ou de chlorures, qui, par l'action du courant au pôle positif, rongent le bleu et le rouge. J'avais rendu l'action encore plus forte, en acidulant les solutions électrolytiques par de l'acide sulfurique.

J'avais rongé aussi avec le mélange de solutions de chlorure de sodium et de salpêtre acidulé.

Dans les rongeages par l'électrolyse des solutions de nitrates ou de chlorures, il y a au pôle positif mise en liberté d'acide nitrique ou de chlore, qui attaquent le colorant rouge ou bleu et les décolorent.

Si l'on emploie pour tremper le tissu rouge ou bleu des solutions de salpêtre ou de chlorures non acidulées, il y a mise en liberté au pôle négatif de base caustique. Mais en ajoutant à la solution du chlorure électrolytique de l'alcali caustique (de la potasse ou de la soude caustique), l'action du chlore qui se dégage au pôle positif est plus forte. On peut aussi bien employer, pour ronger, une solution de salpêtre rendue alcaline par un alcali caustique. On n'a qu'à tremper le tissu rouge turc ou bleu indigo avec une solution de salpêtre ou de sel marin additionnée d'alcali caustique, à le placer sur une feuille de platine formant le pôle négatif et à le toucher avec une pointe ou une feuille de platine formant le pôle positif, pour voir se ronger l'une et l'autre couleur.

Quant à la production de nouvelles teintes aux endroits rongés, dont j'ai parlé dans des publications antérieures, elle formera le sujet d'une prochaine note. Je profiterai également du nouveau procédé de M. Alb. Scheurer pour ronger et pour produire des enlevages coloriés sur fond bleu ou rouge.

FRÉDÉRIC GOPPELSROEDER.

LE SERVICE TÉLÉGRAPHIQUE ET LES SIGNAUX ÉLECTRIQUES

AU CHEMIN DE FER DU SAINT-GOTHARD

Les chemins de fer de montagne comportent nécessairement dans leur exploitation des mesures de sécurité particulières, en raison des conditions dans lesquelles ils se trouvent placés. Les fortes déclivités qu'ils comprennent entraînent en effet des précautions, tant à la descente pour les limites de vitesse imposées qu'à la moitié des rampes pour prévenir les conséquences des ruptures d'attelages. En outre, ces percées dans des régions si accidentées s'offrent naturellement aux communications télégraphiques, dans des contrées où l'entretien des lignes télégraphiques est tellement difficile qu'il est souvent besoin de recourir à l'emploi de lignes souterraines, pour soustraire les lignes aériennes aux ravages des torrents et des avalanches, et aux ruptures causées soit par la foudre, soit par un surcroît de poids de neige.

Les rampes d'accès du tunnel du Saint-Gothard qui atteignent souvent 25 et 27 millimètres par mètre se trouvent dans ces conditions, aussi conçoit-on que la Compagnie ait adopté des mesures spéciales pour l'exploitation.

En outre, cette traversée des Alpes, communication directe entre l'Italie et l'Allemagne, a été utilisée par le gouvernement suisse. Aussi voit-on sur les poteaux 8 rangées de fil tout le long de la ligne du Saint-Gothard, 4 appartenant à l'État et 4 à l'usage de la Compagnie. Parmi les 4 fils de l'État, 1 seul sert aux relations internationales, c'est une ligne directe de Berlin à Rome avec relais à Bâle ; ce fil a 5 millimètres de diamètre et une résistance à la rupture de 780 kilogrammes. Tous les autres fils n'ont que 4 millimètres de diamètre et une résistance de 500 kilogrammes.

Les poteaux qui supportent les fils sont espacés de 60 mètres pour leur permettre de résister aux chutes de neige ; dans la partie nord du tunnel ces poteaux sont en pin injecté par le procédé Boucherie ; dans la partie sud ils sont en châtaignier pro-

venant du canton du Tessin; quoique non injectés ces derniers paraissent donner des résultats plus satisfaisants que les autres.

Dans le grand tunnel du Saint-Gothard, il y a un câble de 15 kilomètres de long, pour lequel la chaleur et l'humidité qui règnent dans le souterrain ont exigé un soin de construction particulier. Il est formé de 7 conducteurs, seulement (le 8e est séparé et non isolé); chacun d'eux a $1^{mm},84$ de diamètre et comprend 7 fils de $0^{mm},7$ de diamètre. Chaque conducteur est isolé au moyen de 2 couches de composition Chatterton, alternées avec 2 couches de gutta-percha. Le conducteur isolé a $5^{mm},2$ de diamètre, et il est en outre enveloppé d'une tresse de chanvre. Les 7 cordons sont ensuite tordus ensemble, et le tout est recouvert de chanvre tressé. L'enveloppe protectrice du câble est formée de 18 fils de $4^{mm},4$ de diamètre et le tout est recouvert d'une tresse de chanvre, ce qui porte le diamètre total à 53 millimètres. Ce câble a été construit par la maison Felten et Guillaume et a coûté 120 000 francs, y compris la pose.

Parmi les 4 fils dont se sert la compagnie des chemins de fer pour son service d'exploitation, 2 servent aux communications télégraphiques ordinaires, au moyen de l'appareil Morse, et 2 aux appareils spéciaux de signaux.

Le premier des fils télégraphiques est direct et n'est relié qu'à 3 stations: Lucerne, Bellinzona et Chiasso; le second est utilisé par sections comprenant 10 stations environ; cependant on réunit tous les jours toutes les sections pendant quelques minutes, pour transmettre directement l'heure de midi de l'observatoire de Berne à toutes les stations de la ligne.

Les signaux spéciaux sont en service sur les deux portions les plus accidentées de la ligne: l'une comprise entre Erstfeld et Biasca (comprenant le grand tunnel) a une longueur de 90 kilomètres, l'autre entre Bellinzona et Lugano s'étend sur 30 kilomètres.

L'un des systèmes de signaux consiste en sonneries d'annonces disposées à chaque kilomètre tout le long des rampes d'accès et elles sont mises en mouvement par des appareils automatiques placés dans les gares voisines.

Le second système se compose d'une série de pédales placées sur la voie à 1 kilomètre de distance l'une de l'autre, et le train.

lors de son passage sur ces pédales, actionne un commutateur correspondant à un appareil enregistreur placé à la station suivante; ce dernier permet ainsi aux gares de connaître la position du train sur la voie et de mesurer leur vitesse moyenne de marche.

Chacun de ces systèmes de signaux exige un fil; ils sont absolument indépendants et, en cas d'avarie à l'un d'eux, il y en a un qui subsiste. En cas d'accident survenu au train, le fil du second système peut servir de fil de transmission aux gardes du train pour prévenir la station suivante. Au cas où les deux systèmes d'appareils seraient simultanément dérangés, il reste enfin le télégraphe ordinaire.

Nous allons dire quelques mots de chacun de ces appareils en particulier:

Sonneries d'annonce. — Ces appareils servent à renseigner les stations voisines sur le mouvement des trains, à informer les agents de la voie du sens de la marche des trains et ils permettent enfin à ces mêmes agents d'envoyer des signaux aux deux stations voisines.

Ces appareils sont actionnés par des piles disposées tout le long de la ligne à une station sur deux, de sorte qu'une même pile commande les appareils au nord et au sud.

Un courant très faible passe constamment dans la ligne ; il est fourni aux lignes nord et sud par deux piles distinctes ZC, ZC, dont les pôles positifs sont reliés à la terre (fig. 1).

Les appareils sont différents selon qu'ils commandent des sonneries de station ou sonneries intermédiaires. La figure 1 représente deux appareils de station A et B et un appareil intermédiaire D, reliés à une station munie de piles. Le courant constant est trop faible pour attirer l'armature de l'électro-aimant M de l'appareil intermédiaire, cet électro ayant une très faible résistance, mais il attire constamment l'armature de l'électro-aimant R de l'appareil de station dont la résistance est très grande.

Quand on veut transmettre des signaux, on manœuvre un commutateur qui interrompt le courant faible, l'armature de l'électro-aimant R de la sonnerie de station s'écarte des pôles et, dans ce mouvement, elle enlève l'arrêt du mouvement d'horlogerie, qui

se met dès lors à tourner sous l'action d'un poids de 25 kilogrammes ; dans sa rotation, ce mouvement d'horlogerie fait fonctionner la cloche, et une roue spéciale N produit des contacts qui ferment le circuit d'une puissante pile locale PP ; chaque fermeture de courant entraîne la mise en mouvement des cloches intermédiaires, car le courant passant alors dans la ligne est

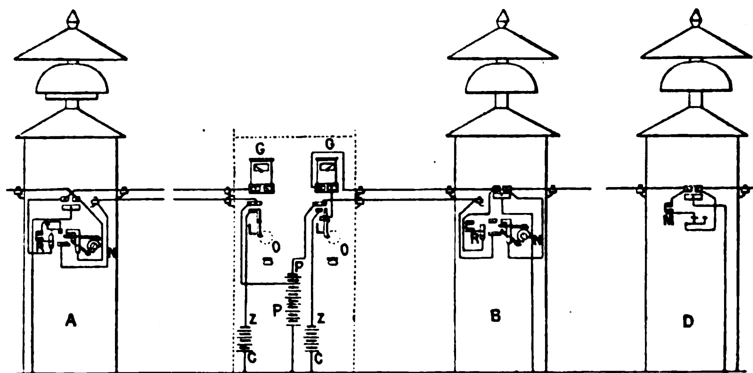


Fig. 1.

suffisamment fort pour attirer l'armature de l'électro-aimant de l'appareil, et déclencher ainsi le mouvement d'horlogerie.

Les interruptions du courant faible qui passe constamment dans la ligne se produisent automatiquement à la station et à la main aux postes intermédiaires.

Pour éviter les erreurs dans la transmission des signaux, les stations emploient un disque mobile monté sur un arbre spécial, auquel on imprime un mouvement de rotation. La position du disque est représentée en pointillé sur la figure en O ; son pourtour est muni de dents qui, lors de leur passage devant le commutateur à levier L, interrompent le courant ; on conçoit que, en disposant convenablement ces dents sur le pourtour, on obtienne les signaux déviés : c'est une disposition analogue à celle employée par M. Siemens[1]. En changeant la forme du disque, on change également la nature des signaux. Un galvanomètre G placé sur l'appareil de station indique le passage du courant faible.

Le nombre des signaux et par suite de disques est de 7 repré-

[1] Voy. l'*Électricien*, tome VII, nos 66, 70 et 71.

sentés comme suit : les points désignent le nombre de coups de timbre donnés ; leur espacement représente celui des sons.

Train allant vers le sud :

. .   . .   . .

Train allant vers le nord :

. . .   .

Signal donné tous les jours à midi pour donner l'heure (le premier des 12 coups est donné à midi précis) :

. . . .

Demande d'envoi d'une locomotive, par suite d'accident, par un agent en service sur la voie :

. . . .

Demande d'une locomotive de secours avec un homme :

. . . .

Arrêtez tous les trains :

. . . .

Dérive de wagons sur la ligne :

. . . .

Quand un homme de la voie désire envoyer des signaux, il manœuvre un commutateur qui interrompt le courant faible ; par suite, il met l'horloge de la sonnerie de station en mouvement et les signaux se transmettent comme précédemment ; seulement il doit transmettre les signaux à la main au moyen du manipulateur, car il n'a pas à sa disposition les disques qui permettent d'interrompre le courant faible automatiquement.

Dans les stations l'une des cloches, celle de la direction nord, a deux timbres, et celle de la direction sud n'en a qu'un, afin de pouvoir distinguer plus facilement le carillon.

Les piles fournissant le courant permanent sont du système Medinger, celles qui fournissent le courant accidentel sont formées d'éléments Leclanché.

Appareil enregistreur. — La disposition de cet appareil est la

suivante : à la station le pôle positif d'une pile est constamment en communication avec la terre, tandis que l'autre est relié à la ligne en passant par l'appareil enregistreur, comme l'indique le diagramme figure 2 dans lequel AB représente le fil de ligne,

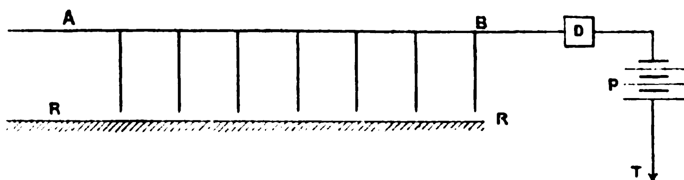


Fig. 2.

D l'appareil enregistreur, P la pile, T la terre et RR la file de rails reliée à chaque kilomètre au fil de ligne par un petit appareil mécanique actionné, par les boudins des roues, lors du passage du train ; les rails mettent ainsi la ligne en communication avec la terre, et le circuit de la pile par le passage de chaque roue sur la pédale disposée à tous les kilomètres, et ces passages sont ainsi enregistrés à la station. La fermeture du circuit est produite par un commutateur à ressort placé dans une boîte à 1m,50 du sol environ et actionné mécaniquement par la pédale.

L'appareil enregistreur de la station est analogue à un appareil télégraphique Morse ordinaire ; il est mis en mouvement par une forte horloge qui peut marcher durant trente-six heures, mais que l'on remonte tous les jours. Cette horloge entraîne constamment, au moyen de rouleaux de friction, une bande de papier qui se déroule de 3 centimètres par minute. Une petite molette, encrée constamment par un cylindre, participant au mouvement de l'horloge, tourne avec lui. L'extrémité d'un levier d'armature d'électro-aimant, qui est mis en action toutes les fois que la roue passe sur une pédale, vient presser la bande de papier contre la molette.

Lors du passage d'un train, les roues font tracer sur la bande de papier une série de points assez rapprochés pour former un trait continu ; on peut, en mesurant les espaces qui séparent ces traits, calculer la vitesse moyenne du train entre 2 poteaux kilométriques. Soit en effet x la distance mesurée sur la bande

entre l'origine de deux traits consécutifs; le déroulement du papier étant de 30 millimètres par minute ou 1800 millimètres par heure, la vitesse du train en kilomètres à l'heure est $\frac{1800}{x}$; mais au lieu de faire le calcul toutes les fois, on a construit une échelle qui donne immédiatement les vitesses par simple lecture.

Comme dans un chemin de fer de montagne, une allure exagérée du train pourrait avoir des conséquences redoutables, le mécanicien est appelé pour justifier une vitesse trop grande et, dans les cas où il ne le peut, on lui inflige une amende de 4 francs.

Toutes les bandes des appareils enregistreurs sont soigneusement examinées dans un bureau spécial de l'inspecteur des télégraphes à Lucerne, où l'on s'attache surtout à vérifier si l'intervalle compris entre les stations a été franchi dans le temps prescrit.

Quand le train gravit les rampes d'accès, soit du côté nord, soit du côté sud, il se signale toujours à la station suivante: si la station précédente désire connaître sa position, elle s'en informe à la station de départ au moyen du télégraphe. R. Séguéla.

SUR LA SELF-INDUCTION

A mesure qu'on pénètre plus avant dans la théorie des machines dynamo-électriques, à courant continu ou à courants alternatifs, certains facteurs, jusqu'alors négligés, prennent une importance de plus en plus grande, et acquièrent une influence de nature à modifier dans une certaine mesure les résultats fournis par la théorie élémentaire. Au nombre de ces facteurs, la self-induction figure au premier rang. Pour en bien faire saisir toute l'importance, nous nous proposons de résumer ici les notions générales sur le phénomène lui-même, sa nature, sa grandeur et sa mesure. Nous examinerons ensuite son rôle dans les machines à courants alternatifs et les machines à courant continu à fil long et fin, dans lesquelles la self-induction de l'anneau est une cause importante du *déficit*. Quelques auteurs ont attribué ce déficit à une augmentation de la résistance inté-

rieure de la machine en mouvement : nous verrons comment il convient d'interpréter cette augmentation apparente de résistance, et comment elle trouve son explication simple par un effet de self-induction.

I

Lorsqu'un courant d'intensité I circule dans une bobine et qu'on cherche à augmenter ou à diminuer l'intensité de ce courant, il se développe dans la bobine une force électromotrice qui a pour effet de s'opposer à cette variation, et à retarder l'établissement du nouveau régime permanent. Ce phénomène, considéré comme un cas particulier de l'induction électro-magnétique, s'appelle *auto-induction* ou, plus généralement, *self-induction*.

Soit di la variation du courant pendant le temps dt, U un coefficient, et E_{μ} la force électromotrice de self-induction développée pendant le temps dt, on a la relation :

$$E_{\mu} = U \frac{di}{dt}. \qquad (1)$$

Le coefficient U porte le nom de *coefficient de self-induction* de la bobine[1]. C'est une grandeur constante pour une bobine donnée, qui ne dépend que de sa forme et de ses dimensions.

Dimensions. — L'équation (1) nous permet de trouver les dimensions du coefficient de self-induction. En tirant la valeur de U, et remplaçant les différentes lettres par leurs dimensions on a :

$$U = E_{\mu} \frac{dt}{di} = \frac{[E]\,[T]}{[I]},$$

$$U = \frac{\left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{3}{2}} T^{-2}\right] [T]}{\left[M^{\frac{1}{2}} L^{\frac{1}{2}} T^{-1}\right]},$$

$$U = [L]. \qquad (2)$$

[1] On peut définir aussi le coefficient de self-induction le *flux de face* ou nombre de lignes de face compris dans la bobine lorsqu'elle est parcourue par un courant d'intensité égale à *unité* C. G. S., mais cette définition ne nous est pas nécessaire

Le coefficient de self-induction d'une bobine est donc homogène à une longueur. Dans le système C. G. S., il s'exprime par un certain nombre de centimètres.

II

On peut déterminer le coefficient de self-induction d'une bobine par ses dimensions comme on calcule l'intensité du champ produit au centre ou sur l'axe d'un cadre galvanométrique, mais c'est là, même lorsque la bobine a des formes géométriques simples, un calcul difficile et laborieux. On préfère donc *mesurer* ce coefficient soit directement, soit par comparaison avec une autre bobine dont le coefficient de self-induction est connu.

Nous donnerons comme exemple de mesure directe la méthode indiquée par M. Joubert, dans ses *Études sur les machines magnéto-électriques*[1], méthode qui donne ce coefficient en unités C. G. S., avec une très grande précision.

Mesure directe du coefficient de self-induction d'une bobine par l'électromètre. — Soient R la résistance de la bobine et U son coefficient de self-induction.

On place cette bobine dans le circuit d'une machine à courants alternatifs satisfaisant à la relation :

$$i = A \sin 2\pi \frac{t}{T}, \qquad (3)$$

i étant l'intensité du courant à l'instant t, A une constante et T la durée de la période du courant. Ce courant serait, par exemple, celui fourni par une machine à courants alternatifs à bobines *sans noyau de fer*. Si la machine comporte 8 bobines, la valeur de T sera le temps mis par la machine à effectuer $\frac{1}{4}$ de tour.

pour l'instant, et nous ne faisons que la rappeler, pour faire ressortir que les deux définitions se rapportent bien à la même grandeur physique. En Angleterre on emploie la lettre L pour désigner le coefficient de self-induction d'une bobine ; nous adopterons, avec M. Joubert, la lettre U pour éviter toute confusion avec l'unité de longueur, qui a aussi la lettre L pour symbole.

[1] *Annal. de l'École normale supérieure*, t. X, 1881.

On obtiendra encore des courants alternatifs satisfaisant à la relation ci-dessus, en faisant tourner une bobine quelconque dans un champ magnétique uniforme, autour d'un axe perpendiculaire à la direction du champ. Le temps T est alors la durée d'une révolution.

On intercale dans le même circuit que la bobine génératrice et la bobine à mesurer une résistance rectiligne R', c'est-à-dire une résistance dont le coefficient de self-induction $U' = 0$.

Un électromètre dont l'aiguille est reliée avec l'une des paires de quadrants est mis en communication successivement avec les deux extrémités A et B de la bobine (R, U) et avec les deux extrémités A' et B' de la résistance rectiligne R'. On sait que dans ce cas les déviations sont proportionnelles aux carrés des différences moyennes de potentiel. En appelant d et d' les déviations obtenues, on trouve une relation entre R, R', d, d', T et U, dont on tire la valeur de U. Tous calculs faits, on arrive à la relation :

$$U = \frac{T}{2\pi}\left(R'^2 \frac{d}{d'} - R^2\right)^{\frac{1}{2}}. \qquad (4)$$

L'expression ne dépend que de la durée de la période T, des résistances R et R' et du *rapport* des déviations de l'électromètre. En exprimant T en secondes, R et R' en unités C. G. S., la valeur de U donnée par la formule (4) sera exprimée en centimètres.

III

Nous avons vu que la force électromotrice de self-induction due à la variation de l'intensité dans un circuit a pour valeur :

$$U \frac{di}{dt}.$$

Si R est la résistance de ce circuit, l'intensité du courant dû à cette force électromotrice de self-induction serait :

$$\frac{U}{R} \frac{di}{dt}.$$

Et comme elle agit pour diminuer l'intensité réelle, cette dernière a pour valeur :

$$I = \frac{E}{R} - \frac{U}{R}\frac{di}{dt}. \qquad (5)$$

Cette équation établie par Helhholtz, va nous permettre de déterminer le *retard* apporté à l'établissement du régime continu par l'effet de la self-induction. Pour connaître en effet la valeur de I, après un temps t écoulé depuis la fermeture du circuit, il suffit d'intégrer l'expression (5) depuis 0 jusqu'à t.

La valcur de l'intensité au bont du temps t est, tous calculs faits :

$$I = \frac{E}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{U}t}\right). \qquad (6)$$

e étant la base des logarithmes népériens.

La discussion de la formule montre que lorsque le coefficient de self-induction U est très petit et la résistance R grande, le terme $e^{-\frac{R}{U}t}$ devient négligeable et l'on retombe sur la loi de Ohm : le courant prend sa valeur normale au bout d'un temps inappréciable. Lorsque U est très grand par rapport à R, le retard dû à la self-induction peut devenir considérable. C'est ainsi que dans les gros électro-aimants de Faraday, par exemple, qui ont un coefficient de self-induction très grand, coefficient augmenté encore par la présence du noyau de fer, il faut jusqu'à deux et trois secondes pour que le courant prenne sa valeur normale indiquée par la loi de Ohm. Un galvanomètre Deprez, intercalé dans le circuit, montre bien l'augmentation graduellement croissante de l'intensité du courant, à partir du moment de la fermeture du circuit.

C'est aussi à un phénomène de self-induction qu'est dû le retard mis par les machines dynamo-électriques Edison à s'amorcer complètement, chaque augmentation de l'intensité du courant d'excitation provoquan une force électromotrice inverse tendant à affaiblir ce courant.

Mais c'est surtout dans les machines à courants alternatifs et à courant continu à fil fin que la self-induction joue un rôle important. Nous l'étudierons dans un prochain article.

E. Hospitalier.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

—

International Inventions Exhibition. — Le prospectus officiel de cette Exposition ayant été publié depuis notre dernier numéro, dans lequel nous avons donné la nomenclature des groupes et classes intéressant le plus directement nos lecteurs, nous pouvons maintenant ajouter quelques détails complémentaires qui permettront aux intéressés de se rendre compte assez exactement des conditions dans lesquelles cette Exposition sera organisée.

La première division comprendra les inventions et sera relative aux appareils, moyens, procédés et produits inventés ou mis en usage depuis 1862.

Les demandes d'admission, qui, pour les exposants anglais, doivent être faites avant le 1er octobre, seront reçues, dans le cas d'exposants étrangers et coloniaux, jusqu'au 1er novembre. L'Exposition ouvrira en mai 1885 et durera environ six mois.

Des médailles d'or, d'argent et de bronze, et des diplômes d'honneur seront distribués, sur les rapports de jurys.

Les espaces seront accordés gratuitement; mais tous les autres frais de transport, installation, aménagement, etc., sont à la charge de l'exposant.

Les demandes d'admission doivent être faites sur des formes fournies par le *Secretary, International Inventions Exhibition, South Kensington, London, S. W.*, et la décision du Conseil sera communiquée vers le 1er décembre, ledit Conseil se réservant le droit de refuser des demandes quelconques sans fournir d'explication de son refus.

Les inventions non brevetées ou n'ayant pas reçu d'applications ne seront pas admises, à moins d'être recommandées par des autorités compétentes.

La force motrice sera fournie gratuitement sous certaines conditions; les exposants payeront l'eau et le gaz dont ils pourront avoir besoin. Les exposants désirant de la force motrice devront en faire l'objet d'une demande spéciale au secrétaire de l'Exposition.

Tels sont les principaux règlements; le prospectus en comporte une foule d'autres, qui sont de police intérieure, et ressemblent, à peu de chose près, à ceux de toutes les autres expositions.

— Une exposition d'électricité est actuellement ouverte à Steyer, petite ville d'Autriche, située à environ 150 kilomètres de la capitale.

Nous ne sommes donc pas menacés d'un chômage prochain en matière d'exhibition, mais nous ne pouvons trop fortement insister sur l'importance de celle qui se prépare pour 1885, et sur laquelle nous nous sommes à dessein longuement étendu.

Bibliographie. — M. Robert Hammond, l'un des pionniers les plus actifs et entreprenants de l'éclairage électrique en Angleterre, vient de publier, sous une forme populaire, un livre intitulé *The Electric Light in our homes* (l'éclairage électrique dans nos maisons).

Cet ouvrage, édité avec un certain luxe, contient une quantité d'illustrations, quelques planches photographiques, et sera lu avec intérêt par tous ceux qui ne sont pas spécialistes.

M. Munro prépare, pour un numéro prochain du *Journal of the Society of Telegraph, Engineers and Electricians*, une biographie très complète de sir William Siemens.

The Electrician's Pocket-Book une traduction anglaise du *Formulaire pratique de l'Électricien*, du professeur E. Hospitalier, vient de paraître chez MM. Cassell et Cie.

L'ouvrage a été traduit et augmenté par M. Gordon Wigan.

The British Association. — Nous avons en son temps rendu compte du projet de session du meeting annuel de l'Association britannique à Montréal (Canada). Cette session vient d'avoir lieu avec le plus grand succès, et les 700 membres environ qui se sont transportés sur l'autre rive de l'Atlantique, à l'invitation du gouvernement canadien n'y sont pas tous allés pour leur plaisir seulement, car les communications scientifiques ont été nombreuses, d'un ordre certainement au-dessus de la moyenne, et les auditeurs très attentifs et nombreux aussi.

Le gouverneur général du Canada, général Landsdowne, accompagné de sa femme, a tenu à faire personnellement à l'Association britanique, les honneurs de la réception, et s'est rendu, dans cette intention, de Québec à Montréal, où il a souhaité, aux membres de l'Association, la bienvenue dans un speech approprié.

La session a commencé le 27 août, par le discours d'ouverture du président, lord Rayleigh.

En l'absence du professeur Cayley, président de la dernière session, la tâche d'introduire le nouveau président est dévolue à sir William Thomson.

Une grande partie du discours présidentiel est, naturellement, consacrée à la science électrique.

Faisant allusion au développement actuel de l'industrie électrique sur une grande échelle, lord Rayleigh dit que ce développement doit sa source autant aux lampes à incandescence, qu'aux machines dynamos. Le succès de ces lampes dépend d'un vide parfait; la quantité d'air restant dans le globe ne devant pas excéder la millionnième partie du volume initial, et il est remarquable que, il y a à peine une vingtaine d'années, de pareils vides étaient presque inconnus dans les laboratoires du physicien.

L'on peut dire avec assurance que ces résultats n'auraient jamais été atteints si l'on n'avait eu en vue que des applications pratiques. Les voies ont été préparées par une armée de savants ne songeant qu'au développement de la science, et se doutant peu que les procédés qu'ils découvraient seraient plus tard exploités sur une grande échelle commerciale et leur exécution confiée aux mains d'ouvriers ordinaires.

Lorsque je parle, dit le président, le langage de l'espérance en ce qui concerne l'électricité pratique, je n'oublie pas le désapointement causé, dans ces dernières années, par une confiance aveugle. L'enthousiasme de l'inventeur et du promoteur sont nécessaires au progrès; et cela semble être, en quelque sorte, une loi de la nature qu'il outrepasse les limites indiquées par la raison et l'expérience. Ce qui est regrettable, c'est l'avantage que prennent les spéculateurs de l'intérêt, souvent sans instruction, ressenti par le public dans des combinaisons nouvelles qui surexcitent son imagination. Mais, si nous regardons devant nous, l'avenir de l'éclairage électrique nous paraît très encourageant. L'éclairage des larges navires de passagers est déjà un succès assuré, apprécié à sa valeur par tous ceux qui ont eu à endurer à bord l'ennui de longues soirées d'hiver, sans la compensation d'un éclairage suffisant. Sans doute, dans ce cas, les circonstances sont particulièrement favorables. Pour ce qui concerne l'espace, l'existence à bord est très concentrée, tandis que l'unité dans l'administration et la présence sur place de mécaniciens capables permettent de résoudre des difficultés que l'on rencontre dans d'autres circonstances. Nous n'avons pas encore d'expérience d'un système d'éclairage de maison à maison sur une grande échelle et en concurrence avec du gaz à bon marché, mais des préparatifs sont déjà très-avancés pour un tel essai sur une grande échelle à Londres. Dans de grandes installations telles que les théâtres et les usines, nous savons tous que l'éclairage électrique fonctionne avec un succès qui va grandissant tous les jours. Lorsque la puissance motrice pourra être obtenue au moyen des chutes d'eau au lieu de l'obtenir de la combustion du charbon, les conditions du problème seront considérable-

ment favorables. Peut-être la rigueur de vos hivers sera-t-elle un obstacle, mais il est impossible de regarder votre rivière splendide (Saint-Laurent) sans songer que le jour n'est peut-être pas éloigné qui, au lieu de laisser cette vaste puissance se perdre inutilement, la verra se plier à vos besoins. Un tel projet a tout naturellement besoin d'être étudié avec une patience minutieuse, mais il est digne d'une communauté de gens intelligents et entreprenants.

Les exigences de la pratique réagissent de la façon la plus saine sur l'électricité scientifique. De même que dans les premiers temps la science s'est trouvée stimulée par les applications à la télégraphie, applications par lesquelles tout ce qui se rapportait aux mesures sur une petite échelle a acquis un développement et une importance pour lesquelles nous pourrions autrement avoir eu à attendre longtemps, les besoins de l'éclairage électrique donnent naissance à un nouveau développement de l'art des mesures sur une grande échelle et qui ne pourra manquer d'être d'une importance aussi scientifique que pratique. Un simple changement d'échelle peut, à première vue, ne pas paraître d'une grande importance, mais il est surprenant d'observer la quantité de modifications qu'il entraîne dans les instruments et dans les procédés de mesure. Par exemple, les bobines de résistance dont les électriciens se servent pour mesurer des courants dont les maxima sont égaux à une fraction d'ampère deviennent inutiles, lorsqu'il s'agit de mesurer des courants de centaines et de milliers d'ampères. Les courants puissants qui sont maintenant à notre disposition constituent, en quelque sorte, une nouvelle arme entre les mains des physiciens. Certains effets qui autrefois étaient rares et difficiles à observer peuvent être produits maintenant à volonté et sur l'échelle la plus considérable. Considérez, pour un moment, la grande découverte de la magnétisation de la lumière, que Tyndall compare au Weisshorn parmi les montagnes, aussi élevé, superbe et solitaire. Ce jugement (auquel je me rallie) a rapport au côté scientifique de la découverte, car au sens de la vue rien n'aurait pu être plus insignifiant. Il est même possible que le phénomène ait entièrement échappé à la pénétration de Faraday, n'eût-il pas eu à sa disposition une qualité spéciale de lentilles très lourdes. Actuellement, ces effets peuvent être produits sur une échelle qui aurait fait l'admiration de l'auteur de leur découverte, une rotation de 180 degrés du plan de polarisation pouvant facilement être obtenue. A l'aide d'appareils modernes, Kundt et Röntgen en Allemagne, et H. Becquerel en France, ont découvert la rotation de gaz et vapeurs dans des cas où elle avait échappé à l'observation, étant donné son extrême petitesse.

La question de la saturation magnétique du fer a maintenant acquis

une importance considérable par rapport à celle qu'elle avait à l'époque des premières observations de Joule. A cette époque, des arrangements spéciaux devaient avoir lieu pour la démonstration de ce phénomène; maintenant, dans chaque machine dynamo-électrique, le fer des champs magnétiques approche d'un état de saturation et les éléments mêmes d'une explication de l'action nous obligent à tenir compte du fait. Il est même probable qu'une meilleure connaissance du sujet conduirait à des perfectionnements dans la fabrication de ces machines. Malgré les travaux importants de Rowland et Stoletow, la théorie entière de la manière d'être du fer doux soumis à des conditions magnétiques différentes est quelque peu obscure. De grandes espérances peuvent être fondées sur la balance d'induction de Hughes au moyen de laquelle, les qualités merveilleuses du téléphone sont appliquées à l'analyse des propriétés des métaux en ce qui concerne leur magnétisme et leur conductibilité électrique. L'introduction des puissantes machines à courants alternatifs de Siemens, Gordon, Ferranti et autres aura sans doute un effet salutaire, en instruisant ces électriciens soi-disant pratiques et dont les idées ne s'élèvent pas facilement au-dessus des ohms et des volts. L'on sait depuis longtemps que lorsque les changements sont suffisamment rapides, les phénomènes sont gouvernés beaucoup plus par l'induction ou inertie électrique, que par la simple résistance. Grâce à ce principe, beaucoup de choses peuvent s'expliquer qui autrement paraissent paradoxales. Pour prendre un exemple très simple, concevez un électro-aimant enroulé avec deux fils contigus sur lesquels agit une force électromotrice donnée rapidement périodique. Si un fil seulement est employé, une certaine quantité de chaleur est développée dans le circuit. Supposez maintenant que le second fil soit introduit en circuit, parallèlement, ce qui équivaut à doubler la section du fil originel. Un électricien accoutumé aux effets des courants continus serait convaincu que les effets calorifiques sont doublés par ce changement, la même quantité de chaleur étant développée dans chaque fil séparément que dans le fil simple initial. Mais une telle conclusion serait entièrement erronée. Le courant total obéissant à la *self-induction* du circuit ne serait pas augmenté par l'addition du second fil, et l'effet d'échauffement total, loin d'être doublé serait, en vertu de la conductibilité supérieure, réduit de moitié.

Pendant ces quelques dernières années, beaucoup d'intérêt a été manifesté dans la réduction de la force électromotrice, du courant, de la résistance, etc., à une unité absolue de mesure, et beaucoup de recherches laborieuses tendant à ce but ont eu lieu. Le sujet est un de ceux qui m'ont beaucoup occupé et j'aurais naturellement été

conduit à en parler s'il n'était trop abstrait et spécial pour le faire en détail dans cette circonstance. En ce qui concerne la résistance, je vous rappellerai simplement que les déterminations récentes ont montré un accord tellement satisfaisant que la conférence des Électriciens, réunie à Paris en mai dernier, s'est sentie justifiée à définir l'ohm, pour la pratique, comme égal à la résistance d'une colonne de mercure de 1 millimètre carré de section, et de 106 centimètres de long, à une température de 0 degré centigrade, définition différant d'un peu plus de 1 pour 100 de celle à laquelle un comité de cette association était arrivé il y a vingt ans. Un étalon de résistance une fois déterminé peut être reproduit avec peu de peine et beaucoup d'exactitude avec une bobine de résistance. Mais, pour compléter un système électrique, un second étalon de quelque nature que ce soit est nécessaire, et ceci ne peut pas être aussi facilement réalisé sous une forme permanente. Il pourrait consister convenablement en un élément galvanique type, capable d'être préparé d'une manière définie et dont la force électromotrice serait déterminée une fois pour toutes. Malheureusement, la majeure partie des piles en usage ne sont pas convenables pour une raison ou pour une autre; mais l'élément inventé par M. Latimer Clark, et dans lequel les métaux sont zinc en contact avec du sulfate de zinc, et du mercure avec du sulfate de mercure, paraît donner des résultats satisfaisants. Suivant mes mesures, la force électromotrice d'un pareil élément est de 1,435 volt théorique. Nous pouvons aussi exprimer commodément la seconde mesure électrique absolue nécessaire à l'ensemble du système en prenant avantage de la loi de Faraday que la quantité de métal décomposé dans un élément électrolytique est proportionnelle à la quantité totale de courant qui passe. Le meilleur métal pour cet usage est l'argent, déposé d'une solution de nitrate ou de chlorate. Les résultats récemment obtenus par le professeur Kohlrausch et moi sont assez concordants, et la conclusion qu'un ampère, passant pendant une heure, décompose 4^{gr},025 d'argent, ne peut guère être erronée de plus de 1 millième. Ce nombre étant connu, le voltamètre à argent donne une méthode facile, expéditive et exacte de mesurer des courants variant de 1 dixième d'ampère à 4 ou 5 ampères. Les phénomènes superbes et mystérieux accompagnant les décharges électriques dans un vide presque absolu ont été étudiés et, dans une certaine mesure, expliqués par de la Rue, Crookes, Schuster, Moulton, Spottiswoode et d'autres investigateurs étrangers, et dernièrement M. Crookes, après des recherches occasionnant des difficultés presque insurmontables, a découvert que l'origine de la bande brillante couleur citron visible dans le spectre phosphorescent de certains terrains

était dû à l'*yttrium*, un élément beaucoup plus répandu qu'on ne le croirait tout d'abord. J. A. Berly.

MÉTHODE DE MESURE

DE LA CAPACITÉ D'UN CONDENSATEUR
ET DÉTERMINATION DE LA PÉRIODE DE VIBRATION D'UN DIAPASON PAR DES OBSERVATIONS ÉLECTRIQUES

M. *R. T. Glazebrook*, du laboratoire Cavendish à Cambridge, vient de présenter à la Société physique de Londres, le 28 juin 1884, une méthode très simple et très élégante pour déterminer la capacité d'un condensateur, méthode dans laquelle il suffit, pour effectuer la détermination, d'un galvanomètre sensible, ne servant ici que de galvanoscope, d'un diapason interrupteur dont on connaît la période de vibration et de boîtes de résistances étalonnées.

La méthode est une modification de celle indiquée par Maxwell (vol. II, § 776), et employée récemment par M. J.-J. Thomson (*Phil. Trans*. III, 1883). En voici le principe :

Dans un pont de Wheatstone, ABCD, monté comme l'indique la figure ci-contre, le bras BD est ouvert et les sommets B et D sont reliés à deux touches d'un commutateur, entre lesquelles se meut une lame de contact P. La lame P est reliée avec l'une des armatures du condensateur à mesurer, l'autre armature est reliée au sommet D. Lorsque P est en contact avec S, le condensateur se charge, et jusqu'à ce qu'il soit chargé, le bras BD est traversé par un courant qui circule à travers les différents bras du pont.

Lorsque P est en contact avec R, les deux armatures du condensateur sont réunies, et le condensateur se décharge sur ce court circuit sans que la décharge puisse influencer le galvanomètre.

On ajuste les résistances de façon que la déviation que tendent à produire les courants instantanés de charge du condensateur soit équilibrée par le courant constant, fourni par la pile pendant le reste du temps. Lorsque cette condition est remplie, il existe une relation entre les résistances des bras, la capacité du condensateur et le nombre de charges par seconde, soit :

a la résistance du bras AC.
b la résistance de la pile.
c la résistance du bras AD.

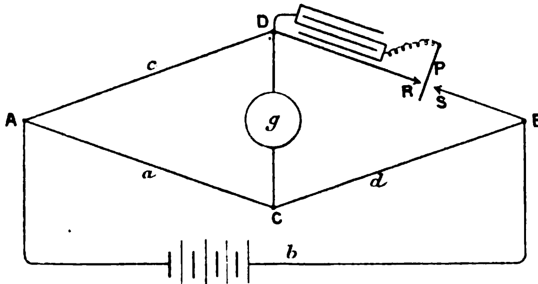
d la résistance du bras BC.
g la résistance du galvanomètre.
C la capacité du condensateur.
n le nombre de fois qu'il est chargé et déchargé en une seconde.

Lorsque le galvanomètre est au zéro, la relation trouvée par M. J.-J. Thomson, est la suivante :

$$nC = \frac{a\left[1 - \frac{a^2}{(a+c+g)(a+b+d)}\right]}{cd\left[1 + \frac{ab}{c(a+b+d)}\right]\left[1 + \frac{ag}{d(a+c+g)}\right]}. \qquad (1)$$

Les avantages de cette méthode sont évidents. C'est tout d'abord une méthode de réduction à zéro, elle est indépendante de la constance de la pile, et le galvanomètre peut être rendu extrêmement sensible.

Dans la méthode ordinaire, si l'on veut des résultats exacts, le champ magnétique dans lequel se déplace l'aiguille du galvanomètre doit être très uniforme. Le champ magnétique terrestre est beaucoup trop puissant, à moins qu'on ne fasse usage d'une pile de charge d'un grand nombre d'éléments, et il est difficile d'obtenir un champ uniforme à l'aide d'un aimant directeur.



On peut bien, il est vrai, employer un équipage astatique, mais alors la torsion de la suspension devient un facteur important. Si l'on fait la période d'oscillation trop petite, il est difficile de la déterminer exactement; le moment d'inertie de l'équipage doit être considérable, ce qui réduit d'autant l'élongation produite par la décharge brusque d'une quantité d'électricité donnée.

En appelant T, la durée d'oscillation, θ, l'élongation produite par une quantité d'électricité Q, on sait que T sin $\frac{1}{2}\theta$ est proportionnel à Q. Plus T est grand, plus θ sera petit. Enfin, il faut dans la méthode ordinaire, introduire une correction pour tenir compte de la résistance de l'air.

La méthode indiquée par M. Glazebrook est aussi sujette à certaines objections. La plus importante est que les armatures du condensateur ne communiquent avec la pile que pendant un temps très-court. On peut craindre que le condensateur ne soit ni chargé ni déchargé complètement à chaque oscillation du commutateur.

Si le condensateur présente le phénomène de l'absorption électrique, cet effet dépendra de la durée du contact et troublera les résultats. M. Glazebrook a entrepris, avec le concours de MM. Wilberforce, Whitehead et Fitzpatrick, une série d'expériences dans le but de déterminer l'influence de ces causes d'erreur, en faisant varier le nombre de vibrations n et la durée du contact. Dans ces expériences, a était une résistance de 10 ohms B. A.; d une résistance de 1000 ohms B. A.; g un galvanomètre de 11 000 ohms B. A.; b une pile de 4 éléments Leclanché ayant 5 à 6 ohms de résistance. La valeur de c a varié, dans les expériences, de 240 à 1800 ohms B. A. Lacapacité du condensateur C était voisine de $\frac{1}{3}$ de microfarad. Les diapasons employés faisaient approximativement 16, 32, 64 et 128 interruptions par seconde.

En comparant les résistances, on voit que l'équation (1) peut s'écrire :

$$nC = \frac{a}{cd\left[1 + \frac{a}{d\left(1 + \frac{c}{g}\right)}\right]}. \qquad (2)$$

L'équation approchée donnée par Maxwell est :

$$nC = \frac{a}{cd}. \qquad (3)$$

La plus grande différence observée dans les expériences ne dépasse pas le $\frac{1}{660}$ de la grandeur à mesurer. On n'a pas observé de trace de variation de la capacité avec la durée de la charge.

La valeur moyenne de la capacité est de 0,33006 microfarad B. A.

En adoptant l'ohm légal et en réduisant les ohms B. A. en ohms légaux, on trouve que la capacité du condensateur expérimenté est de C = 0,3336 microfarad légal.

La méthode donne donc des résultats satisfaisants et peut être employée avec certitude à la détermination de la capacité d'un condensateur.

Mais l'inverse de la méthode peut être plus utile encore. L'équation

fondamentale (1) fait connaître C, si on connaît n et les résistances; elle nous donnera donc n si nous connaissons C et les résistances. Dans bien des cas, ce sera même la méthode la plus rapide pour déterminer n, et en particulier si la période de vibration est trop longue pour produire un son.

Ainsi, dans les expériences relatées ci-dessus, il s'agissait d'obtenir un diapason donnant 16 vibrations par seconde, alors qu'on ne pouvait en obtenir qu'un en donnant 20.

On fit d'abord des observations avec un autre diapason donnant 32 vibrations et on détermina la valeur de c produisant l'équilibre. On doubla ensuite la valeur de c, on installa le diapason de 20 vibrations en chargeant ses branches avec du plomb jusqu'à ce que, en fermant le circuit, le galvanomètre reste au zéro.

Il est évident, d'après la formule approchée, que le nombre des vibrations devait être voisin de 16. Le calcul par la formule exacte donna 15,866. En mesurant ensuite cette période de vibration directement, par la méthode du pendule de lord Rayleigh, on retrouva exactement le même nombre, ce qui confirme l'exactitude de la méthode électrique.

LE TRANSPORT ÉLECTRIQUE DE L'ÉNERGIE
(GRANDES FORCES ET GRANDES DISTANCES)

PAR LE DOCTEUR W. DIETRICH

(SUITE ET FIN[1]).

Nous ne nous sommes pas encore occupé du prix du travail recueilli. Ce dernier ne dépend pas seulement de la résistance du câble, mais encore des coefficients de transformation dans les dynamos et les moteurs, et des résistances propres de ces machines. La solution économique du transport de l'énergie embrasse donc un champ d'investigation beaucoup plus étendu. On peut se servir, à la vérité, de valeurs moyennes pour ces coefficients de transformation; nous admettrons par exemple le chiffre de 0,80 qui s'approche suffisamment de la réalité; quant aux résistances propres des machines, on ne peut les prévoir à l'avance; il est tout au moins téméraire de les déterminer d'une façon générale. Il ne reste donc, pour rester dans la

[1] Voy. l'*Électricien* n° 82, du 1er septembre 1884, page 223.

bonne voie qu'à se baser sur des machines de constructeurs bien connus. Mais il n'y a pas de constructeur intelligent qui détermine d'une façon absolue les résistances de ses machines; ces dernières sont appropriées à leur destination, et l'on cherche dans chaque cas particulier, par des expériences préalables, à réduire au minimum la quantité d'énergie transformée en chaleur. Beringer admet par analogie que la dynamo et le moteur doivent posséder ensemble une résistance égale à celle du câble; chaque machine comporte donc 25 pour 100 et le câble 50 pour 100 de la quantité d'énergie totale transformée en chaleur. Comme nous ne saurions nous laisser guider par des conditions spéciales à certains cas particuliers, il nous semble prudent d'admettre comme coefficient de transformation, au lieu de 0,80, un chiffre tant soit peu plus faible, 0,75 par exemple. Cette estimation est bien grossière, nous l'avouons, mais on ne peut lui reprocher d'être trop défavorable au problème du transport.

La condition principale que doit remplir une transmission électrique, aussi bien que toute autre transmission, est de réduire au minimum le prix de l'unité d'énergie recueillie au point où elle est utilisée. Tel est le principe qui va nous guider dans les calculs suivants, où nous prendrons en considération tous les frais de l'installation et non pas exclusivement le prix des conducteurs, comme dans la formule de Thomson. Pour ce qui regarde les dynamos et les moteurs, il y a deux cas à examiner :

Ou bien il s'agit d'utiliser dans la dynamo une énergie mécanique bien déterminée, ou bien l'on demande au moteur de développer une énergie minima. Dans le premier cas, la dynamo se trouve déterminée, et bien que la formule de Thomson soit indépendante de la longueur, il est clair que l'on recueillera d'autant moins d'énergie à l'extrémité du câble, que ce dernier sera plus long, et que le moteur sera, par suite, de dimensions plus faibles. Dans le second cas, c'est le moteur qui est déterminé, et le groupe de dynamos sera d'autant plus important que le câble sera plus long; il faudra évidemment avoir à sa disposition une source d'énergie illimitée, des chutes d'eau considérables par exemple. Dans les deux cas, le prix des machines dépend donc du poids du câble.

Supposons donc d'abord que :

Le groupe de dynamos recueille une énergie déterminée, 100 chevaux par exemple, que la f. é. m. totale de ces dernières soit de 2000 volts à transporter à 5, 10, 20 kilomètres par un câble unique. L'énergie totale développée par les dynamos à raison de 0,80 est donc de 80 chevaux et l'intensité nécesssaire de 30 ampères. Nous basant comme plus haut sur les prix courants des câbles électriques de Cor-

taillod pour les numéros 14, 15, 18, 20, 32, dont la résistance par kilomètre est de 5,47, 1,42, 0,28, 1,15, 0,52 ohm et le prix par kilomètre de 2600, 1300, 4500, 1500, 2500 francs, la perte d'énergie par kilomètre de conducteur sera de 0,57, 1,74, 0,44, 1,41, 0,63 chevaux et par suite, pour une distance de 5 kilomètres soit 10 kilomètres de conduite, de 5,7, 17,4, 3,4, 14,1, 6,3 chevaux. L'énergie qui se trouve disponible aux bornes des dynamos est, d'après l'hypothèse faite plus haut, de 75 chevaux; il ne reste donc aux bornes des moteurs que 69,3, 57,6, 71,6, 60,9, 68,7 chevaux disponibles, et après la transformation par ces moteurs en énergie mécanique 52, 43, 54, 46, 52 chevaux, ce qui correspond à des rendements totaux de 0,52, 0,43, 0,54, 0,46, 0,52.

Nous supposons que les machines sont toutes construites pour recevoir ou fournir 25 chevaux de force; les dimensions de ces dernières sont donc complètement indépendantes de leur enroulement, vu que, d'après les recherches de Froelich, chaque machine développe la même quantité d'énergie, qu'elle soit pourvue de fils fins ou gros, pour un nombre déterminé de spires, cette quantité d'énergie, pour une construction donnée, paraissant être en rapport avec le poids de la machine. Le maximum d'utilisation a lieu quand on a atteint pratiquement le plus grand nombre de spires, et que l'échauffement ne dépasse pas certaines limites convenables. Nous admettons qu'une telle machine de 25 chevaux revient à 7500 francs, y compris le transport, les fondations et les organes de transmission. Si cette supposition est un peu sommaire, rien ne nous empêchera d'y porter les modifications nécessaires à la fin de nos calculs.

Admettons donc que nous ayons 4 dynamos et 2 moteurs. Il n'est pas superflu de prévoir 4 machines de rechange, soit en tout 10 machines. Supposons également que les travaux nécessaires à la pose du câble souterrain reviennent à 1 franc le mètre courant et que les appareils de rechange soient comptés à raison de 6000 francs. Les frais de toute l'installation, en négligeant les dépenses de montage, s'élèveront à 112000, 99 000, 131 000, 101 000, 111 000 francs.

En comptant 12 pour 100 pour intérêts et amortissement, plus 4,66 pour 100 pour graissage et frais imprévus, les frais d'exploitation atteindront de ce chef, 18 666, 16 500, 21 834, 16 832, 28 500 fr., soit par cheval développé par les moteurs, 359, 385, 404, 366, 356 francs.

Maintenant suivant que l'unité d'énergie fournie aux dynamos reviendra à 62,50, 125, 250 ou 375 francs, nous aurons pour les divers rendements susmentionnés, les prix de revient suivants :

	NUMÉROS DES CABLES				
	14.	15.	18.	20.	32.
Le cheval annuel fourni aux dynamos coûtant :	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
62 fr. 50.	120	146	116	136	120
125 francs.	240	291	231	271	240
250 —	480	582	462	542	480
375 —	721	872	693	815	721
Ce qui donne pour la somme de ces deux causes de dépense :					
62 fr. 50.	479 (0,16)	531 (0,17)	520 (0,17)	502 (0,16)	476 (0,16)
125 francs.	599 (0,20)	676 (0,22)	635 (0,21)	637 (0,21)	596 (0,20)
250 —	839 (0,28)	967 (0.32)	866 (0,28)	908 (0,30)	836 (0,28)
375 —	1080 (0,36)	1257 (0,41)	1097 (0,37)	1181 (0,39)	1077 (0,36)

Les nombres entre parenthèses, représentent le prix du cheval-heure, pour 3000 heures d'exploitation par an.

On voit par ces résultats que le transport de 100 chevaux, même à 5 kilomètres, ne convient pas autant en général que la production directe de l'énergie au point où se trouve le moteur.

S'il s'agissait de transporter 100 chevaux à 10 kilomètres de distance, les câbles numéros 14, 15, 18, 20 et 32 répondent à des rendements de 0,447, 0,302, 0,512, 0,351, 0,468. En admettant encore 10 machines de 25 chevaux chacune, on obtiendrait un tableau analogue au précédent :

	NUMÉROS DES CABLES				
	14.	15.	18.	20.	32.
Le cheval annuel coûtant :	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
62 fr. 50.	631 (0,21)	852 (0,28)	758 (0,25)	753 (0,25)	636 (0,21)
125 francs.	762 (0,25)	1060 (0,35)	832 (0,28)	931 (0,31)	770 (0.26)
250 —	1025 (0,34)	1474 (0,49)	1076 (0,36)	1287 (0,43)	1037 (0,34)
375 —	1286 (0,49)	1887 (0,63)	1321 (0,43)	1644 (0,51)	1304 (0,43)

En laissant de côté, les câbles numéros 15 et 20, on a de même pour 100 chevaux à 20 kilomètres :

	NUMÉROS DES CABLES		
	14.	18.	32.
62 fr. 50.	1031 (0,34)	1152 (0,38)	1045 (0,35)
125 francs	1190 (0,39)	1287 (0,45)	1213 (0,40)
250 —	1500 (0,50)	1559 (0,52)	1547 (0,51)
375 —	1825 (0,61)	1850 (0,61)	1882 (0,63)

et pour 200 chevaux transportés à 5 kilomètres par un câble unique, en se bornant à une intensité de 60 ampères :

	NUMÉROS DES CABLES		
	14.	18.	82.
62 fr. 50......	407 (0,13)	412 (0,14)	410 (0,13)
125 francs.....	539 (0,18)	537 (0,18)	542 (0,18)
250 —	802 (0,27)	787 (0,26)	809 (0,27)
375 —	1063 (0,35)	1036 (0,34)	1074 (0,36)

Examinons maintenant le second cas, dans lequel on exige une énergie déterminée pour le moteur, tandis que celles des dynamos peut varier dans de certaines limites. C'est ainsi que Beringer se pose la question, tout en admettant un rendement de 50 pour 100 pour simplifier le problème et une intensité identique pour toutes les distances. Nous ne suivrons pas cette voie, mais nous nous baserons, comme plus haut, sur des exemples divers.

Si l'on veut obtenir 200 chevaux des moteurs, il faut en prendre 8 à 25 chevaux chacun. L'énergie électrique qu'ils transforment est par suite de $\frac{200}{0,80}$, et conformément à notre hypothèse, ils devront recevoir $\frac{200}{0,75}$. En admettant un câble d'aller et un de retour, une distance de l kilomètres, une résistance par kilomètre de R ohms, l'on perdra par suite dans la ligne une force en chevaux de :

$$\frac{\left(\frac{I}{2}\right)^2 \times 4 l R}{736},$$

et par suite les bornes des dynamos doivent fournir une énergie en chevaux de :

$$\frac{200}{0,75} + \frac{\left(\frac{I}{2}\right)^2 \times 4 l R}{736}.$$

La force mécanique qu'exigent les dynamos est donc de :

$$\frac{200}{(0,75)^2} + \frac{I^2 l R}{0,75 \times 736},$$

et par suite l'énergie électrique développée par les dynamos est de :

$$0,80 \left(\frac{200}{(0,75)^2} + \frac{I^2 l R}{0,75 \times 736}\right).$$

En admettant une f. é. m. de 2000 volts, on peut donc poser l'équation :

$$\frac{2000\,I}{736} = \frac{200 \times 0{,}8}{(0{,}75)^2} + \frac{I^2 l R \times 0{,}8}{0{,}75 \times 736}$$

où l'on fera successivement l égal à 5, 10, 15 ou 20 kilomètres et R égal à 0,47, 1,42, 0,28, 1,15, 0,52 ohms suivant que l'on choisira les câbles numéros 14, 15, 18, 20 ou 32. La résolution de cette équation du deuxième degré par rapport à I donne les valeurs suivantes :

	NUMÉROS DES CABLES				
Distance l.	14.	15.	18.	20.	32.
5	124	»	115	»	127 ampères.
10	»	»	130	»	»
15	»	»	168	»	»
20	»	»	»	»	»

Les lignes restées sans chiffres indiquent que l'équation a donné des racines imaginaires, c'est-à-dire qu'avec les câbles correspondants il est impossible de transporter 200 chevaux à la distance en regard.

Cette équation montre également que la résistanee la plus convenable par kilomètre de câble est, pour les distances de $l = 5$, 10, 15, 20 kilomètres, 0,90, 0,45, 0,30, 0,23 ohm et que dans ces limites le courant doit avoir une intensité d'environ 210 ampères pour 200 chevaux recueillis. Comme nous n'avons aucune donnée pour les câbles de moindre résistance que le numéro 18, nous nous voyons obligés de poursuivre nos calculs pour $l = 5$ et $l = 10$ avec le câble numéro 18 bien qu'il ne présente nullement les meilleures conditions. Observons toutefois en passant que le maximum de travail utile fourni par un câble double, avec les coefficients 0,75 et 0,80, aurait lieu d'après cette formule pour $I = \frac{15\,E}{32\,Rl}$, E étant la f. é. m. des dynamos, ce qui donne pour ce travail maximum :

$$W = \frac{(0{,}75)^3 \times (E)^2}{4 \times (0{,}80)^2\,Rl} \text{ ou } \frac{900}{Rl},$$

si l'on fait E = 2000 volts. Le maximum de travail transportable est donc aux distances suivantes et pour les divers numéros de câble :

	NUMÉROS DES CABLES		
Distance.	14.	18.	32.
5 kilomètres	392	643	346 chevaux.
10 —	196	321	173 —
15 —	131	214	115 —

Pour une intensité double de celle qui détermine le maximum de travail utile, on trouve 0 pour W; toute l'énergie est transformée en chaleur.

Pour une distance de transport de 5 kilomètres et les câbles numéros 14, 18 et 32, on trouve les chiffres suivants :

Énergie des dynamos, avec les intensités calculées plus haut	421	390	431 chevaux.
Nombre des dynamos	17	16	18
Nombre total des machines, y compris celles de rechange	29	28	30
Rendement	0,474	0,513	0,464
Pertes pour la transformation dans les dynamos	84	78	86 chevaux.
Pertes par l'échauffement des dynamos	22	20	22 —
Pertes par l'échauffement du câble	49	25	57 —
Pertes par l'échauffement des moteurs	16	16	16 —
Pertes par la transformation dans les moteurs	50	50	50 —

Le prix du cheval annuel fourni par les moteurs, à 5 kilomètres de distance, est donc :

Le cheval annuel fourni aux dynamos coûtant :	NUMÉROS DES CABLES 14.	18.	32.
62 fr. 50	365 (0,12)	380 (0,12)	374 (0,12)
125 francs	491 (0,16)	502 (0,16)	509 (0,16)
250 —	759 (0,25)	746 (0,25)	779 (0,26)
375 —	1024 (0,34)	990 (0,33)	1047 (0,35)

Pour une distance de 10 kilomètres, on ne peut utiliser que le câble numéro 18. Le travail des dynamos est de 441 chevaux, soit un rendement de 0,453, et il faut en tout 30 machines. Le prix de l'unité d'énergie pour 62,5, 125, 250 et 375 fr. revient alors à 484 fr. (0,16), 627 fr. (0,21), 804 fr. (0,26) et 1179 fr. (0,39). Pour une distance de 15 kilomètres avec 2 câbles numéro 18, les dynamos développant 570 chevaux, il faut en tout 35 machines, et l'unité de travail revient à 640 fr. (0,21), 817 fr. (0,27), 1174 fr. (0,39), 1532 fr. (0,51).

Ces chiffres n'ont rien d'absolu. Notre seul but est de montrer la marche à suivre pour de pareils calculs, car chaque cas particulier fournit des valeurs différentes pour les constantes qui sont la base de cette estimation. C'est pourquoi nous trouvons inutile de résumer ces divers résultats en un tableau, qui aurait l'inconvénient de pouvoir être appliqué à tort à des cas tout différents dans la pratique.

(*Elektrotechnische Zeitschrift.*) N. T.

LA DIRECTION DES AÉROSTATS
ET LES MOTEURS LÉGERS

Presque toute la presse scientifique a rendu un juste tribut d'éloges à MM. Renard et Krebs, et aux expérimentateurs hardis qui les ont précédés : Giffard, en 1852 et 1855; M. Dupuy de Lôme, en 1872 et M. Gaston Tissandier, en 1883.

Seul, ou à peu près seul, le *Moniteur industriel* jette une Note discordante, estimant que le problème ne peut pas recevoir une solution *pratique*, c'est-à-dire *utilisable*, la condition imposée étant que l'air se déplace avec une vitesse moindre que la vitesse propre de l'aérostat. Les bateaux ne peuvent pas non plus se diriger dans un courant dont la vitesse propre est supérieure à la leur, et il n'est venu à l'idée de personne de contester la possibilité de la direction des bateaux.

Le rédacteur du *Moniteur industriel* en arrive à conclure contre le ballon en faveur du plus lourd que l'air, ce qui est *scientifiquement* vrai, mais ne le sera *pratiquement* que du jour où l'on sera parvenu à construire des moteurs beaucoup plus légers que ceux connus aujourd'hui.

Pour en revenir aux moteurs légers applicables à la direction des ballons, notre confrère, trouvant le matériel moteur de MM. Renard et Krebs encore trop lourd, fait une proposition que nous ne résistons pas au désir de reproduire tout au long pour l'édification de nos lecteurs. Nous ne croyons pas que jamais combinaison plus fantastique ait pu germer dans la cervelle d'un inventeur :

... Si l'on ajoute au poids indiqué pour les piles, appareils et divers, ceux de la machine, des bâtis et engrenages, de l'arbre moteur et de l'hélice, on obtient un total de 652 kilogrammes.

Or, quiconque connaît les conditions d'établissement et de fonctionnement des machines dynamos et des piles primaires et secondaires, reconnaît de suite qu'un moteur électrique complet, capable de fournir une force nette de 8,5 chevaux devrait peser bien au delà du chiffre accusé.

Pour développer un tel travail dans de telles conditions de poids, le moteur de M. Krebs doit donc constituer un progrès très sérieux qu'il serait bien désirable de voir se répandre dans la pratique.

Quoi qu'il en soit, il nous paraît certain que la force dont on voulait pouvoir disposer eût pu être réalisée dans des conditions de poids plus favorables encore, si l'on avait employé, comme agent moteur, un gaz susceptible de s'emmagasiner à haute pression et sous un très petit volume, c'est-à-dire à

l'état liquide, tel, par exemple, que l'acide carbonique (CO^2), le protoxyde d'azote (Az^2O), ou l'éthylène (C^2H^4).

On sait que l'acide carbonique commence à entrer dans la pratique, et l'on connaît ses applications aux pompes à incendie, etc.

Il est donc possible de construire un moteur en matériaux de choix, travaillant à grande vitesse et commandant l'hélice au moyen d'un ou de plusieurs engrenages, pouvant fournir la force nécessaire en étant cependant relativement très léger.

Quant à l'agent moteur, grâce à son énorme réduction de volume, et malgré la résistance et le poids des récipients, il est aisé d'en emporter la provision nécessaire sans dépasser le poids qui semble résulter des chiffres publiés.

L'écueil d'une semblable application réside certainement dans l'abaissement considérable de température qui accompagne la dilatation du gaz par son passage dans le détendeur, avant son admission dans le moteur. Un réchauffement est sans doute nécessaire, mais comme il est de toute urgence d'éviter l'usage du feu sur la nacelle d'un aérostat, c'est ici que l'on peut faire intervenir l'électricité. On peut, en effet, combattre la congélation au moyen de spirales de platine convenablement disposées et portées au rouge par un courant électrique.

Pour la production d'un tel courant, il suffit d'un *petit* accumulateur qui n'intervienne que lors de la mise en train, puis d'une *très petite* dynamo, mue par le moteur lui-même ; le poids de ces deux accessoires est peu important, relativement à celui de l'appareil de propulsion complet, c'est-à-dire comprenant les récipients de gaz liquéfié.

Telles sont les conditions actuelles d'établissement d'un moteur réunissant le maximum de puissance au minimum de volume et de poids, c'est-à-dire du seul moteur que l'on puisse rationnellement employer en aérostation.

Nous savions que le moteur électrique est un excellent agent de transformation, rendant en travail mécanique effectif de 50 à 80 pour 100 de l'énergie électrique qui lui est fournie de borne à borne, mais nous n'aurions jamais songé à utiliser cette énergie électrique sous forme de chaleur envoyée dans des spirales de platine, pour réchauffer de l'acide carbonique utilisé ensuite dans un moteur à gaz sous pression. Remarquons encore que cette énergie électrique ne doit pas être utilisée directement, mais qu'elle doit être produite par le moteur lui-même agissant sur une petite dynamo compliquée d'un petit accumulateur pour la mise en train.

C'est là, n'en déplaise au signataire de l'article, M. *El.*, un mouvement perpétuel analogue à celui qui consiste à faire marcher une turbine avec l'eau que monte la pompe qu'elle actionne.

Nous connaissions bien un moteur électrique dans lequel la chaleur dégagée par le courant était utilisée pour vaporiser de l'eau qui

venait agir sur le piston d'une machine à vapeur, mais le projet de M. El. dépasse cette conception insensée.

L'acide carbonique est, si on veut, un réservoir d'énergie assez léger, mais ce qui n'est pas léger, c'est le récipient destiné à l'emmagasiner sous une pression de 50 atmosphères. Si nous joignons à cet attirail un accumulateur, une machine dynamo et une *chaudière électrique* (!), autant vaut-il prendre tout de suite au sérieux les voyages extraordinaires de Jules Verne ou les délicieuses fantaisies de Robida. Qu'en pense notre confrère ? É. H.

RÉGULATEUR DE TEMPÉRATURE

SANS L'USAGE DU GAZ

PAR M. LE DOCTEUR P. RANQUE

Il est des cas où l'on a besoin de maintenir pendant un temps assez long un bain d'un liquide quelconque à une température constante. Dans un laboratoire où le gaz se trouve installé, on arrive facilement à ce résultat au moyen de régulateurs très connus. Mais ce qui n'offre aucune difficulté dans un laboratoire bien agencé, devient très difficile à réaliser lorsque le gaz fait défaut. Un appareil permettant de maintenir un liquide à une température constante, sans employer le gaz, a été déjà décrit par M. le docteur Regnard, dans le journal *la Nature* (n° du 8 juillet 1882). Voici, en deux mots, ce dont il se compose :

Une lampe à essence de pétrole est portée par un long bras de levier fixé à la palette d'un électro-aimant. Cette lampe peut prendre deux positions différentes, suivant que l'électro-aimant agit ou bien est au repos. Au-dessus d'elle, sur un trépied, se trouve le vase rempli du liquide à maintenir à une température constante. Un thermomètre à mercure, portant à la partie inférieure un fil de platine soudé dans le verre et communiquant constamment avec le mercure, est ouvert à sa partie supérieure. Il laisse passer un autre fil de platine que l'on peut faire descendre plus ou moins dans le tube, à la rencontre du mercure. A l'état de repos, la lampe se trouve placée sous le vase contenant le liquide. On l'allume, et le liquide s'échauffant, il arrive un moment où le mercure, en se dilatant dans le thermomètre, touche le fil supérieur de platine et fait ainsi passer le courant d'une pile dans l'électro-aimant. La lampe alors s'éloigne et la température tend à rester stationnaire, puis à s'abaisser. Lorsque le mercure, en

se contractant, ne touchera plus le fil supérieur, le courant sera rompu et la lampe, ramenée par un ressort à boudin, reprendra sa position première et chauffera de nouveau le liquide, et ainsi de suite. L'appareil se compose donc, comme on le voit, de trois parties. Un thermomètre à mercure, ouvert à sa partie supérieure, une pile avec un électro-aimant et une lampe. Le grand désavantage, à mon avis, de cet appareil, est la disposition de la lampe. Elle est mobile. Elle ne peut donc pas être lourde et, par conséquent, tenir beaucoup de liquide. De plus, et c'est là surtout un grave défaut, elle brûle continuellement, qu'elle serve à chauffer ou non, ce qui restreint encore beaucoup le temps pendant lequel elle peut maintenir constante la température du bain liquide.

L'appareil que je vais décrire remédie à cet inconvénient, et possède encore quelques avantages que je vais vous indiquer.

Il se compose de trois parties (fig. 1) : une lampe A à alcool ou à

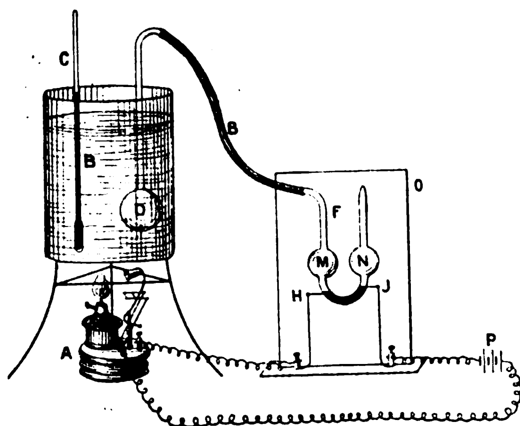


Fig. 1.

essence de pétrole; un tube D en verre, terminé par une boule de verre; le régulateur F, et une pile de deux éléments Leclanché à agglomérés zincs grande surface P.

La lampe A a déjà été décrite séparément dans le journal l'*Électricien*, du 15 janvier 1882. C'est un appareil qui s'allume et s'éteint à distance en fermant le circuit des piles ci-dessus désignées.

Le tube D joue tout simplement le rôle d'un thermomètre à air et transmet la pression du gaz qu'il renferme au régulateur F, au moyen d'un tuyau de caoutchouc E.

Le régulateur F se compose d'un tube en U, ouvert à ses deux extrémités par des orifices très petits pour ne pas laisser pénétrer de

poussières, portant deux ampoules M, N, et maintenu vertical par une planchette O. Une petite colonne de mercure occupe la courbure du tube. H et J sont deux fils de platine soudés dans le verre et pénétrant dans l'intérieur du tube en U. A l'état de repos, le niveau du mercure étant sur l'horizontale, la tige H plonge seule dans le mercure, et la tige J est placée au-dessus à 2 millimètres environ. Ces deux tiges de platine communiquent à deux bornes placées sur le pied de la planchette O.

Voyons maintenant comment fonctionne l'appareil. On commence par établir le circuit, comme la figure l'indique, on remplit le vase B du liquide à maintenir à une température constante et on fait communiquer un instant les deux bornes de la planchette. Le courant étant fermé, la lampe s'allume. Cela fait, on place dans le vase B un thermomètre ordinaire C, et l'on attend qu'il ait indiqué la température à laquelle le bain doit rester stationnaire. A ce moment, l'on joint l'extrémité du tube D avec la branche M du régulateur, au moyen du tube en caoutchouc E. La température continuant à s'élever, augmente la dilatation de l'air contenu dans la boule D, cette pression se transmettant par l'intermédiaire du tube E dans la branche M. Le mercure monte dans la branche N et ferme le circuit de la pile sur la lampe par son contact entre les tiges H et J (fig. 3). Si la température s'élève encore un peu, le contact cesse entre la tige H et le mercure, et le courant se trouve ouvert (fig. 4). Mais ce contact, qui n'a duré qu'un instant, a suffi pour faire retomber le capuchon sur la lampe et l'éteindre. Le liquide du vase B va donc se refroidir. La dilatation de l'air diminuant dans la boule D, le mercure du régulateur reprendra la position indiquée (fig. 3), et de nouveau le courant étant fermé sur l'allumoir, la lampe s'allumera de nouveau, et ainsi de suite. La température restera donc constante dans des limites très restreintes, étant donnés la sensibilité du thermomètre à air et le faible mouvement d'oscillation de la colonne de mercure. On peut, du reste, augmenter ou diminuer la sensibilité de cet appareil en augmentant, ou en diminuant le volume de la boule D, et la différence de niveau des deux tiges de platine. En outre, dans cet appareil, l'électricité ne sert qu'au moment de l'allumage et de l'extinction, environ une seconde à chaque fermeture de courant. Mais ce qui est beaucoup plus important, c'est que *la lampe ne brûle que lorsqu'elle doit donner de la chaleur*. De plus, étant fixe, elle peut être beaucoup plus grande, contenir plus de liquide et permettre pendant un temps très long de garder la température constante, sans avoir le moins du monde à s'en occuper. Si la lampe finissait par baisser faute de combustible ou même s'éteindre, lorsqu'on n'est pas dans le laboratoire

ou qu'on est occupé à autre chose, on pourrait en être prévenu pour y remédier et empêcher l'expérience de manquer. Il suffirait (fig. 5) de placer à 2 ou 3 centimètres de la tige C, une autre tige F, reliée par un fil métallique à la tige D. Si, la lampe s'éteignant, le liquide se refroidissait au delà d'une certaine limite, la contraction de l'air dans

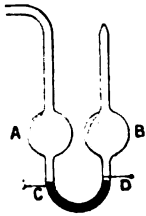


Fig. 2.

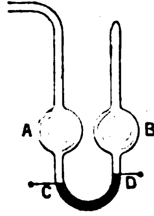


Fig. 3.

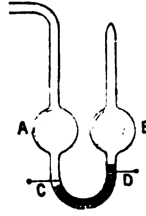


Fig. 4.

la boule D augmenterait la dénivellation du mercure, et ce dernier viendrait faire contact entre les tiges D et C. Il fermerait ainsi un nouveau circuit dans lequel serait placée une sonnerie S, et cet appel persisterait un temps assez long pour que l'on pût remédier à sa cause, c'est-à-dire arrêter le refroidissement du liquide en remettant du combustible dans la lampe.

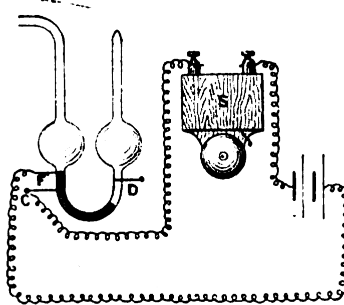


Fig. 5.

Tels sont, à mon avis, les avantages que peut rendre ce petit appareil. Il me paraît surtout indiqué pour la culture des microbes, et sa facilité de construction permet à chacun de le fabriquer.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 1er septembre 1884.

Comparaison entre les anneaux colorés électrochimiques et thermiques; par M. C. Decharme. (Extrait.)

Quand on expose une plaque de cuivre à la flamme d'une lampe à alcool, d'un bec de Bunsen, ou mieux au jet fixe et étroit d'une lampe d'émailleur, il se produit sur le métal des couronnes irisées, autour du point chauffé. Dans de bonnes conditions, que l'expérience apprend bientôt à connaître, on obtient des anneaux colorés fixes, paraissant inaltérables à l'air. Ces *anneaux thermiques* sont tout à fait semblables aux *anneaux électrochimiques* de Nobili; comme eux, ils naissent les uns des autres et se propagent *en ondes.* Dans les deux cas, les couleurs se succèdent dans le même ordre, qui est celui des anneaux de Newton *vus par transmission.*

Les anneaux thermiques *multiples* se réalisent au moyen d'ajutages métalliques, sortes de tambours surmontés de 2, 3, 4, etc., becs à gaz. Ces mêmes pièces servent également pour la production des anneaux électrochimiques, en implantant, dans les fines ouvertures de ces tubes, des aiguilles d'acier d'égale longueur pour chaque système. Les anneaux thermiques, simples ou multiples, se rapprochent d'autant plus des anneaux électrochimiques correspondants, que les jets de flamme sont plus faibles et moins oxydants....

Mon Mémoire contient le Tableau comparatif des anneaux électrochimiques et thermiques; on y voit que la ressemblance se maintient jusque dans les détails. Il est accompagné de figures comparatives pour les deux ordres de phénomènes.

CORRESPONDANCE

SUR UNE NOUVELLE PILE A SOLUTION ALCALINE

Monsieur,

Croyant être utile à bien des personnes qui sont à la recherche d'une pile à un seul liquide, je viens vous donner la description d'un élément absolu-

ment impolarisable pendant des jours entiers, même à fermeture en court circuit, sans aucune résistance.

Mon électrode négative est le zinc amalgamé, comme d'habitude. Le liquide est la potasse caustique blanche du commerce. Rien de nouveau jusque-là. Quant à l'électrode positive, elle est en forme de boîte plate, d'une certaine épaisseur, criblée de trous assez petits, comme une écumoire. Dans l'èpaisseur de cette boîte, je place autant de petites pointes en fer qu'on en peut loger. La surface énorme de ces pointes est sans doute la cause de la constance absolue de cette pile. Je m'en sers avec avantage pour la galvanoplastie, l'argenture et les électromédicaux.

Si l'on emploie des pointes oxydées, il y a meilleur effet au début, au point de vue de la f. é. m. Mais lorsque, au bout de quelques heures, l'oxyde est réduit entièrement, la force électromotrice prend une valeur fixe très rapprochée de celle du début et se maintient invariable pendant plusieurs jours à circuit fermé.

Mon élément n'a pas de très grandes dimensions, 10 centimètres sur 20, avec zinc d'un seul côté. En lui donnant des dimensions de 25 à 30 centimètres sur 25 et entourant le zinc des deux côtés par deux boîtes en fer du même genre, on pourrait sans doute atteindre un débit en ampères équivalent à celui d'un élément Bunsen. Je n'ai pas construit d'éléments aussi grands, n'ayant pu trouver des vases convenables dans notre ville.

Cette pile, comme on sait, a l'avantage de ne rien consommer en circuit ouvert.

Si l'on prépare la potasse caustique soi-même, en ayant pour cet usage un grand vase en fonte, comme je le fais toujours, le liquide contenant la potasse en dissolution dans l'eau, lorsqu'on a traité la dissolution de carbonate de potasse par la chaux vive, n'a qu'à être concentré de moitié par évaporation, puis refroidi, pour être employé dans la pile en question. Il est en effet fort inutile d'évaporer entièrement, puisqu'il faudrait redissoudre à nouveau.

Le carbonate de chaux qui se trouve au fond du vase en fonte ayant servi à cette préparation, est facilement isolé par décantation.

En opérant ainsi, la pile devient fort économique, je n'en connais guère de moins coûteuse.

On peut remplacer le zinc par une lame de plomb dans cette même pile. Le courant atteint encore une assez grande intensité. Le plomb étant meilleur marché que le zinc, on pourrait l'employer, mais la différence serait à peu près compensée par la moindre intensité.

La même pile peut encore se monter avec du cuivre rouge au lieu du zinc. Elle donne encore une grande intensité. Mais il est évident que l'on ferait une pile dispendieuse, sans raison d'être.

Ne possédant pas d'appareils de mesure, je ne puis dire la force électromotrice exacte, la résistance et le débit de cette pile. Je serais heureux de la voir essayer, surtout en plus grandes dimensions.

Veuillez agréer, etc.

GEORGES PIERRE.

Poitiers, 28 août 1884.

FAITS DIVERS

Éclairage électrique de la grand'place de Bruxelles. — La grand'place de Bruxelles va être éclairée par deux puissants foyers à arc installés sur des mâts de 20 mètres de hauteur.

Chacun de ces foyers à arc est alimenté par sa machine spéciale, une dynamo Gramme du type dit *à cinq lumières*, mais dans laquelle on a modifié la longueur et le diamètre des fils. A 750 tours la machine produit 50 ampères et 65 volts aux bornes, sa puissance utile est donc de 3250 watts, soit environ 4,5 chevaux-vapeur disponibles.

La même machine disposée pour fournir cinq arcs plus petits, donne 13 ampères et 350 volts à 1400 tours par minute.

Les deux machines dynamo sont mises en mouvement par un moteur à gaz Otto, de 12 chevaux tournant à 140 tours.

Les lampes, du système Jaspar, dont le mécanisme est placé au-dessus du point lumineux, brûlent des crayons de 25 millimètres et peuvent fournir sept heures et demie d'éclairage.

Les conducteurs sont en fil de cuivre de 5 millimètres de diamètre, soit environ 20 millimètres carrés de section, isolés, sans plomb, recouvert d'une couche d'asphalte; les câbles qui vont de la base du mât à la lampe placée à son sommet sont composés de 14 brins de 1,5 millimètre de diamètre.

D'après le *Bulletin de la Société belge d'Électricien*, qui nous fournit ces renseignements, si l'éclairage actuel, établi surtout en vue de se rendre compte de l'effet produit, devenait définitif, on doublerait l'usine électrique et les nouvelles machines serviraient à éclairer l'Hôtel de Ville, au moyen de lampes à incandescence.

L'installation a été faite par la Compagnie générale d'électricité, sous la direction de M. Wybauw, ingénieur de la ville de Bruxelles.

—

Filtre électrique. — On vient de découvrir encore une nouvelle application de l'électricité : il s'agit cette fois d'un filtre électrique destiné à empêcher la propagation des maladies contagieuses, le choléra et la fièvre typhoïde, par exemple. Tout récemment, le docteur Dobell conseillait dans le *Times* de détruire les germes malsains renfermés dans l'eau potable en faisant passer dans cette eau un courant électrique; l'action désinfectante serait due à l'oxygène naissant.

La même idée semble avoir été conçue par le docteur Stephen Emmens. Son filtre électrique se compose d'un récipient en verre dans lequel sont placés des vases poreux ; ces vases contiennent de la houille ou du fer spongieux et des plaques de charbon qui sont reliées au pôle positif d'une batterie Leclanché ; ils sont séparés les uns des autres par d'autres plaques de charbon qui communiquent avec le pôle négatif de la pile. L'eau arrive dans les vases poreux, traverse la houille ou le fer, et s'écoule du récipient extérieur. Le

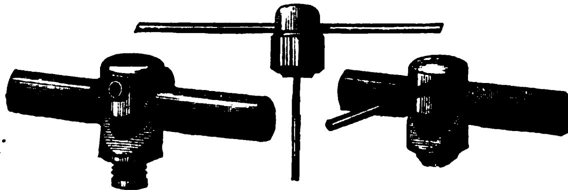
docteur Emmens prétend, comme le docteur Dobell, que l'oxygène naissant détruit tous les germes qui pourraient rendre l'eau dangereuse.

Cette invention est en outre applicable à la purification des eaux d'égout. Dans ce but, les filtres ont la forme d'une conduite, divisée par des cloisons en une série d'éléments que les eaux traversent successivement. Les électrodes sont des cages de bois, alternativement remplies de morceaux de fer et de coke. Avec cette disposition, la pile primaire n'est plus nécessaire, car la conduite elle-même constitue une puissante batterie dont le courant est plus que suffisant.

L'idée paraît ingénieuse et mérite d'être essayée pour savoir ce qu'en pensent les microbes.

—

Le joint Faraday. — La figure ci-dessous montre un système de jonction de fils aussi simple qu'ingénieux, assez fréquemment employé par la maison Mors dans ses installations de lumière électrique, et plus spécialement applicable lorsqu'il s'agit d'établir des branchements et des conducteurs secondaires sur des conducteurs principaux.



Joint Faraday.

Ce mode de jonction, connu sous le nom de *joint Faraday*, se compose d'une sorte de cylindre en bronze ou en laiton portant une échancrure destinée à loger le conducteur principal, un trou destiné au fil secondaire et une vis de serrage placée sur la face inférieure servant à fixer les conducteurs et à assurer un bon contact. L'avantage de ce système est, outre sa simplicité et son bon marché, qu'il permet d'établir simplement et rapidement un nombre quelconque de branchements sans déplacer les conducteurs principaux, qu'il suffit de mettre à nu sur une largeur égale au diamètre du corps du joint. Il se recommande tout particulièrement dans les installations d'éclairage électrique par incandescence.

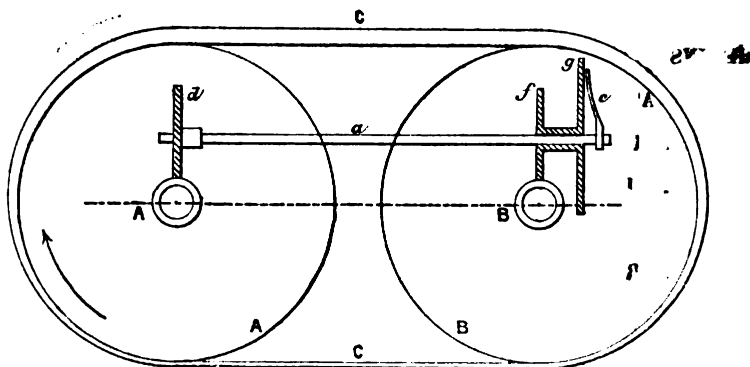
—

Dynamomètre totalisateur a courroie élastique. — Le glissement dû à l'élasticité d'une courroie sans fin peut servir à mesurer le travail transmis à la poulie qu'elle conduit. En effet, ce glissement indépendant de la tension de la courroie est, dans un temps donné, proportionnel à la fois à la différence de tension des brins et à la vitesse d'enroulement sur la poulie conduite. Or, la différence de tension des brins est l'effort, et la vitesse d'enroulement, le chemin parcouru; ce glissement peut donc donner la valeur du travail transmis.

Pour cela, il suffira de mesurer le retard angulaire subi par la poulie

conduite par suite de la résistance qu'elle a à vaincre, ce qui se fera facilement au moyen d'un cadran et d'une aiguille, le cadran tournant à la vitesse que prendrait la poulie conduite, si le travail à transmettre était nul, et l'aiguille, à la vitesse réduite par suite de l'effort transmis ; le déplacement relatif de l'aiguille sur le cadran mesurera alors le travail transmis.

C'est ce que M. Raffard a réalisé par la disposition ci-dessous :



L'arbre A relié au moteur au moyen d'un joint de Cardan porte la poulie A′ qui, par l'intermédiaire de la courroie parfaitement élastique C, transmet le mouvement à la poulie B′, calée sur l'arbre B relié à la machine-outil à expérimenter par un joint de Cardan. Le petit arbre *a* solidaire de l'aiguille *e* porte une roue *d* qui engrène avec une vis sans fin portée par l'arbre A. L'arbre B porte une vis sans fin qui commande la petite roue *f* solidaire du cadran *g*. Les poulies A′ et B′ ont exactement le même diamètre.

Au moyen d'une résistance causée par un poids connu, on tendra le brin conducteur et, après avoir fait faire plusieurs tours à l'appareil, on notera le déplacement de l'aiguille sur le cadran correspondant au travail connu, et on en déduira le rapport de conversion en kilogrammètres.

—

C'est le *Tintamarre* qui nous fournira aujourd'hui le mot de la fin.

Nos paysans :

Mais, père Créosote, expliquez-moi donc une bonne fois comment qu'eune dépêche ça peut parvenir si vite, et qu'on n'a qu'à chatouiller la machine à hue pour que la réponse all' arrive à dia ?

— C'est ben simple, Serpentin. Ainsi, par exemple, essaye de pincer la queue à ton chien, tout de suite y va répondre par la gueule. Eh ben ! v'la c'que c'est que l'télégraphe.

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9815. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

LA SELF-INDUCTION

ET LES MACHINES A COURANTS ALTERNATIFS

Grâce à l'emploi chaque jour plus fréquent des unités électriques, et à une connaissance chaque jour plus précise de la nature même des grandeurs physiques, la théorie des machines électriques, autrefois tout empirique, peut aujourd'hui s'aborder plus aisément et s'établir, du moins pour un certain nombre d'entre elles, à l'aide de considérations déduites des lois élémentaires de l'électricité.

Nous nous proposons de résumer dans cet article ce qui constitue le dernier mot *actuel* de la théorie des machines dynamo-électriques à courants alternatifs. Ceux qui voudraient des détails plus complets sur cette théorie, et en particulier les démonstrations des formules, devront consulter les ouvrages suivants :

Études sur les machines magnéto-électriques, par *M. J. Joubert*, professeur de physique au collège Rollin (*Annales de l'École normale supérieure*, t. X, 1881).

Some points in Electric lighting, par le docteur *John Hopkinson*, F. R. S; M. I. C. E. (1883).

Absolute Measurements in Electricity and Magnetism, par *Andrew Gray* M. A ; F. R. S. E. (1884).

La théorie établie pour la première fois par M. Joubert en 1880 se rapporte à des machines à induits sans noyau de fer, avec inducteurs excités séparément par un courant constant pour chaque expérience, mais qu'on peut faire varier pour changer l'intensité du champ. L'expérience prouve d'ailleurs que le courant qui traverse le circuit induit n'exerce aucune action sur le circuit inducteur, ni à l'ouverture ni à la fermeture du circuit induit, et que tout se réduit à la réaction du système induit sur lui-même.

M. Joubert a reconnu expérimentalement que dans les machines à courants alternatifs sans noyau de fer, la loi de varia-

tions de la force électromotrice peut être exprimée par le simple terme harmonique :

$$E_t = E_0 \sin \pi \frac{t}{T} \qquad (1)$$

E_t étant la force électromotrice à l'instant t,

E_0 la valeur maximum de la force électromotrice pendant la période;

t le temps compté à partir de l'instant où la f. é. m. est nulle.

T la durée d'une demi-période complète, c'est-à-dire le temps que met la f. é. m, partant de zéro pour revenir à zéro sans changer de sens[1].

Deux cas se présentent, suivant que la self-induction du circuit est ou n'est pas négligeable. Nous les examinerons successivement.

I. — Machines a courants alternatifs dont la self-induction est négligeable

Dans ces machines, dont l'étude est particulièrement simple, on a pour valeur de l'intensité du courant à chaque instant t — en prenant t entre 0 et T — compté à partir de l'instant pour lequel le courant est nul :

$$I_t = \frac{A}{T} \sin \frac{\pi}{T} t, \qquad (2)$$

A étant une constante dépendant de la machine.

La quantité totale d'électricité induite dans le temps T ou une demi-période a pour valeur :

$$Q = \int_0^T I\,dt = \frac{A}{T} \int_0^T \sin \frac{\pi}{T}\,dt;$$

$$Q = \frac{2A}{\pi}. \qquad (3)$$

et si l'on désigne I_m la valeur du courant moyen :

$$I_m = \frac{2A}{\pi T}. \qquad (4)$$

[1] Dans son mémoire, M. Joubert appelle T la durée d'une période complète. L'avan-

Une première conséquence résultant de cette valeur de l'intensité moyenne, est la suivante :

Un électro-dynamomètre intercalé dans le circuit d'une machine à courants alternatifs ne donne pas la valeur moyenne exacte de l'intensité du courant.

En effet, l'électro-dynamomètre étant placé dans le circuit de façon que le courant traverse la bobine fixe et la bobine mobile en tension, le courant changera de sens à la fois dans les deux bobines ; le couple exercé entre elles sera à chaque instant proportionnel à I^2, c'est-à-dire, dans le cas particulier, proportionnel à :

$$\frac{A^2}{T^2}\sin^2\frac{\pi}{T}t.$$

Si T est petit par rapport à la période d'oscillation de la bobine mobile, le couple exercé entre elles sera le même que celui produit par un courant continu et constant I' donné par l'équation :

$$I'^2=\frac{1}{T}\int_0^T I^2\,dt=\frac{A^2}{T^3}\int_0^T \sin^2\frac{\pi}{T}t\,dt,$$

expression qui, intégrée, donne finalement :

$$I'^2=\frac{A^2}{2T^2}. \qquad (5)$$

En rapprochant les expressions (4) et (5), on tire :

$$I_m=\frac{2\sqrt{2}}{\pi}I'=0,9\,I'.$$

Il en résulte que l'intensité indiquée par l'électro-dynamomètre est *plus grande* que l'intensité moyenne réelle, et qu'il faut multiplier ses indications par 0,9 pour avoir la vraie valeur moyenne du courant. Si, par exemple, on alimente un certain nombre de lampes à incandescence montées en dérivation avec un courant *continu*, et que l'électro-dynamomètre indique *neuf* ampères, il faudra que l'électro-dynamomètre indique *dix* ampères,

tage de prendre pour T la valeur que nous indiquons réside dans la suppression du facteur 2 qu'il faudrait sans cela introduire dans la formule (1).

lorsqu'on emploiera des courants alternatifs pour obtenir la même puissance lumineuse.

II. — Machines a courants alternatifs dont la self-induction n'est pas négligeable

Soient :

R la résistance totale du circuit ;
I l'intensité du courant à l'instant t ;
E la f. é. m. totale de la machine ;
U le coefficient de self-induction du circuit entier, c'est-à-dire le nombre qui, multiplié par $\frac{dI}{dt}$ donne la valeur de la f. é. m. qui s'oppose à chaque instant à l'augmentation ou à la diminution du courant ;

On a alors la relation :

$$RI = E - U\frac{dI}{dt} \quad (6)$$

Et, si nous supposons que la machine suive la loi du sinus :

$$E = \frac{E_0}{T} \sin\frac{\pi}{T} t, \quad (7)$$

T est la durée d'une demi-phase complète ;
E_0 est la valeur maximum qu'atteindrait la f. é. m. totale si la vitesse était telle qu'elle ne fournisse qu'une période complète en deux secondes, t étant compté à partir de l'instant pour lequel E est nul. En substituant cette valeur dans l'équation (6), on a :

$$U\frac{dI}{dt} + RI = \frac{E_0}{T} \sin\frac{\pi}{T} t.$$

Cette expression intégrée donne finalement pour valeur du courant moyen I_m pendant la phase :

$$I_m = \frac{2E_0}{\pi\sqrt{R^2T^2 + \pi^2 U^2}}. \quad (8)$$

La self-induction a pour effet de réduire la valeur de l'inten-

sité du courant dans le rapport de $\frac{E_0}{\sqrt{R^2T^2+\pi^2U^2}}$ à $\frac{E_0}{RT}$, et de produire dans la phase un retard dont la valeur en secondes est fonction de la durée de cette phase.

On voit aussi que pour toute résistance finie R, en diminuant la durée de la phase T, c'est-à-dire en augmentant la vitesse, le courant tend la valeur limite :

$$I=\frac{E_0}{\pi U}\sin\left(\frac{\pi}{T}-\frac{\pi}{2}\right) \qquad (9)$$

valeur indépendante de la résistance, et pour laquelle le retard de phase est de $\frac{T}{2}$ secondes, c'est-à-dire égal au quart de la durée de la période complète.

En intégrant l'expression (9) pour une demi-période, et en divisant par la durée de cette demi-période T, on trouve pour le courant moyen maximum :

$$I_{mm}=\frac{2E_0}{\pi^2 U} \qquad (10)$$

La valeur moyenne de l'activité électrique totale déduite des formules précédentes est :

$$A_m=\frac{1}{T}\int_0^T EI\,dt,$$

qui, tous calculs faits, donne :

$$A_m=\frac{1}{2}\frac{E_0^2 R}{R^2T^2+\pi^2U^2} \qquad (11)$$

Cette expression montre que l'activité totale dans le circuit est maximum, pour une vitesse donnée et une valeur de I donnée, telle que :

$$R=\frac{\pi U}{T}.$$

Pour une résistance donnée, la puissance est d'autant plus

grande que T est plus petit, c'est-à-dire que la vitesse est plus grande.

Lorsque la valeur de R satisfait à la relation :

$$R = \frac{\pi U}{T}$$

on se trouve dans les conditions de travail maximum le retard de la phase est alors égal à un huitième de la période complète ou à $\frac{T}{4}$.

Les formules montrent aussi que, bien qu'en doublant la vitesse on double la force électromotrice, on ne double pas l'intensité du courant et on ne quadruple pas la puissance de la machine. On peut voir cependant qu'en doublant la vitesse, on peut maintenir le même courant sur une résistance extérieure double, à la condition de ne pas altérer le coefficient de self-induction.

Considérons, avec M. Joubert, deux cas extrêmes, ceux où chacun des termes du dénominateur de l'expression qui donne la valeur de l'intensité moyenne est négligeable devant l'autre.

Si la self-induction du circuit est négligeable devant sa résistance totale, la machine suit à peu près la loi de Ohm ; elle se comporte, pour tous les phénomènes qui ne dépendent pas du sens du courant, comme une pile dont on pourrait faire varier à volonté la f. é. m. sans changer en même temps la résistance intérieure. C'est ce que réalise dans une certaine mesure la machine de M. Ferranti à enroulement en zigzag dans laquelle la self-induction est faible.

Lorsqu'au contraire la self-induction a une valeur prédominante, les variations de résistance du circuit ont peu d'influence sur l'intensité du courant. C'est ce qu'on trouve, par exemple, dans les machines à noyaux de fer, dont la self-induction est très grande.

La self-induction du circuit total, tant extérieur qu'intérieur agit donc, *au point de vue de l'intensité du courant*, COMME SI elle constituait une résistance additionnelle. Ainsi s'explique un fait rapporté récemment par M. Frank Géraldy dans *la Lumière*

électrique, et qui se produisit il y a quelques années à l'usine de la société Jablochkoff:

« On voulait essayer des câbles destinés à être employés dans une installation; on disposa dans l'atelier les bougies, on apporta les câbles, et on disposa tout comme cela devait être plus tard ; seulement, pour ménager l'espace, les câbles furent laissés en rouleaux : les bougies ne s'allumèrent point du tout; le courant fut complètement (?) annulé; et, après recherches, on fut amené à voir que cela tenait uniquement à l'enroulement du fil, dont les spires voisines, réagissant les unes sur les autres, absorbaient en inductions toute la puissance du générateur; le câble fut déroulé et tout marcha bien. »

Le fait est intéressant, mais l'explication qu'en donne M. Frank Géraldy pèche par la base : si le courant était complètement annulé, il est évident que le travail électrique devait être lui-même nul; toute la puissance du générateur ne pouvait donc pas être absorbée par les inductions. Il suffit de se reporter aux formules établies précédemment pour voir que dans ce cas particulier la valeur élevée du coefficient de self-induction a eu pour effet: 1° De diminuer l'intensité moyenne I_m en augmentant la valeur du radical du dominateur de l'expression (8). 2° De diminuer la puissance du générateur donnée par l'expression (11), c'est-à-dire le travail absorbé par seconde.

On commet aussi souvent une erreur en assimilant l'accroissement de self-induction du circuit à un accroissement de résistance, parce que la self-induction a pour effet, comme la résistance, de diminuer l'intensité du courant. Voici, à titre d'exemple, les expériences citées par M. Géraldy et faites à la lampe soleil par MM. Maquaire et Street, ingénieurs.

« Ces expériences ont été faites en plaçant sur le trajet d'un courant alternatif des bobines de fil enroulé, puis ramenant le courant au même degré de l'électro-dynamomètre en mettant à la place de la bobine une résistance formée de fil rectiligne (ou à peu près, car ces résistances sont formées de fil enroulé sur des planches et ainsi ne satisfont pas à la condition). Pour être complètes, les indications devraient nous dire comment les fils étaient enroulés.

« On trouve ainsi qu'à la place d'une bobine ayant 65 mètres de fil de $1^{mm},7$, présentant une résistance de 0,5 ohm et ne renfermant point de fer, il faut pour ramener un courant alternatif à la valeur de 4,80 substituer une résistance rectiligne de 1,41 ohm.

« A la place d'une bobine détachée d'une machine alternative Maquaire, bobine ayant 450 mètres environ de fil de $1^{mm},4$ présentant une résistance de 5,2 ohms, et renfermant deux plaques de fer légères, il faut pour un courant de 6,03 ampères mettre une résistance de 175 ohms, pour un courant de 7 ampères une résistance de 210 ohms.

« On voit, rien que par ces chiffres auxquels on pourrait en ajouter beaucoup d'autres, combien sont faux les calculs faits d'après les règles ordinaires. Supposons, par exemple, qu'on prenne une alternative Gramme donnant un courant de 9 ampères ; son induit a une résistance mesurée de 4,95 ohms, on dirait donc que dans cet induit se consomment $4,95 \times 9^2$, ou 401 watts. Or l'expérience directe prouve que mis sur un courant alternatif de 9 ampères, le circuit induit de la machine équivaut à 108 ohms, la quantité de watts absorbée devra donc être comptée égale à 108×9^2 ou 8748 watts. »

Les expériences relatées ci-dessus par M. Géraldy prouvent qu'on peut ramener un courant alternatif à une valeur donnée en substituant à une bobine de faible résistance et dont le coefficient de self-induction est élevé, une résistance plus grande dont le coefficient d'induction est nul ou sensiblement nul, elles ne prouvent pas l'*équivalence* des deux quantités, comme tendrait à le faire croire le dernier paragraphe de la citation. Il suffit de se reporter à la formule qui donne la valeur moyenne de l'activité pour voir que la dépense d'énergie dépend aussi de T, la durée de la phase, c'est-à-dire de la vitesse de la machine qui alimentait le circuit extérieur. L'expérience de MM. Maquaire et Street prouve seulement que, pour la vitesse adoptée, l'induit de la machine Gramme constituant le circuit extérieur agissait *comme* une résistance de 108 ohms. Si la machine génératrice avait tourné *plus vite* et qu'on ait ramené l'intensité à 9 ampères, on aurait trouvé que l'induit de la machine Gramme était équi-

valent à une résistance de *plus de* 108 ohms; l'inverse aurait eu lieu en faisant tourner la génératrice *moins vite*.

On a donc tort de comparer la self-induction à une résistance; elle est, par sa nature, une force électromotrice, force électromotrice variable avec l'intensité moyenne du courant, la durée de la phase et la *forme* du courant pendant la phase. La dépense d'énergie correspondante, pour un courant d'intensité donnée, n'est donc pas *constante*, comme elle le serait avec une résistance simple, mais elle varie avec la *nature* de ce courant. Dans une machine à courant continu, la self-induction du circuit extérieur a une action nulle parce que la variation du courant est elle même nulle; la dépense d'énergie due à la self-induction est nulle; l'on n'a plus que la perte due à la résistance; elle se mesure en watts par le produit de la résistance par le carré de l'intensité du courant. Dans les machines à alternances rapides, au contraire, la variation est rapide et la self-induction, pour une intensité donnée, produit une dépense d'énergie considérable, et d'autant plus considérable que les alternances sont plus rapides.

III. — Machines a courants alternatifs a noyaux de fer

Dans les deux cas précédents, on a supposé que les fils de cuivre sont les seuls corps conducteurs qui se déplacent dans le champ magnétique. Dans un certain nombre de machines, les bobines ont des noyaux de fer, tantôt pleins, tantôt composés de lames minces. Bien que la théorie de ces machines ne soit pas encore complète, on possède cependant sur leur fonctionnement un certain nombre de faits acquis que le docteur Hopkinson résume de la façon suivante:

On trouve dans certaines machines que, si on les fait tourner à circuit ouvert, — en maintenant, bien entendu, l'excitation des inducteurs, — les noyaux de fer deviennent chauds, plus chauds même qu'à circuit fermé. Ce phénomène est quelquefois si marqué que la machine absorbe plus de travail à circuit ouvert qu'à circuit fermé, ce qui, au premier abord, semble paradoxal. En voici l'explication:

A circuit ouvert, le fer est traversé par des courants induits intenses, — ce qu'on appelle, en France, des courants de Fou-

cault ; — à circuit fermé, le courant induit dans les bobines diminue les courants de Foucault induits dans le fer : les courants de Foucault ont non seulement pour effet de dépenser inutilement de l'énergie mécanique et de chauffer inutilement la machine, mais encore de diminuer sa puissance pour une vitesse et une excitation données. Le remède au mal consiste à subdiviser les noyaux autant que possible dans les directions perpendiculaires à celles dans lesquels les courants de Foucault tendent à circuler.

CONCLUSIONS

Le coefficient de self-induction du circuit, tant extérieur qu'intérieur, joue un rôle important dans le fonctionnement des machines à courants alternatifs. Tous les efforts des constructeurs doivent tendre à le réduire autant que possible. Ce résultat sera atteint, dans le circuit extérieur, en employant des fils rectilignes et en rapprochant toujours le plus possible le fil d'aller et le fil de retour ; les tortillons et les spirales devront être soigneusement évités puisqu'ils augmentent le coefficient de self-induction du circuit extérieur et tendent à affaiblir le courant, tout en augmentant la dépense inutile.

Dans le circuit intérieur, on cherchera à diminuer le coefficient de self-induction en réduisant la longueur de fil nécessaire à un minimum, c'est-à-dire en employant des champs intenses et resserrés et de grandes vitesses absolues. La machine Ferranti réalise, à ces différents points de vue, de sérieux progrès, aussi commence-t-elle à trouver des imitateurs. Les noyaux de fer, jugés nécessaires dans certaines machines pour concentrer les champs magnétiques et augmenter la force électromotrice, doivent disparaître pour faire place à des moyens qui atteignent le même but, sans apporter les perturbations dues à l'augmentation de la self-induction et à la création de courants de Foucault intenses.

Dans certaines machines, telles que celles de Gramme, par exemple, l'armature en fer doux de l'induit est nécessaire pour soustraire la partie extérieure du fil à l'action du champ et détruire la force électromotrice de sens inverse qui s'y développerait, mais c'est là un inconvénient auquel il sera possible de

remédier par une modification dans l'enroulement et la construction de la machine. La suppression des armatures en fer doux est donc une amélioration qu'il convient d'apporter d'ailleurs dans *toutes* les machines à courants alternatifs ou à courant continu, puisque les modifications dans leur magnétisme se traduisent *toujours* finalement par une consommation d'énergie plus ou moins grande, et que l'augmentation du coefficient de self-induction qui en résulte est elle-même une nouvelle cause de perte. C'est là un fait acquis pour les machines à courants alternatifs; nous l'établirons pour les machines à courant continu dans un prochain article. E. HOSPITALIER.

Errata. — Une erreur typographique a dénaturé une formule de notre article sur la self-induction publié dans l'*Électricien* du 15 septembre 1884, n° 83, page 258. La première formule qui établit les dimensions du coefficient de self-induction doit être écrite ainsi :

$$U = E_n \frac{dt}{di} = \frac{[E][T]}{[I]}.$$

Dans la note du bas de la page 258 il faut lire *flux de force* et *lignes de force* au lieu de *flux de face* et *lignes de face*.

NOUVELLES

APPLICATIONS DE L'ÉLECTROLYSE

NOTE SUR LA PRÉPARATION DU PERSULFOCYANOGÈNE ET SUR SA FORMATION ET FIXATION SIMULTANÉE SUR LES FIBRES VÉGÉTALES ET ANIMALES PAR VOIE ÉLECTROLYTIQUE.

En faisant passer le courant galvanique à travers une solution de sulfocyanure (rhodanure) de potassium, j'ai obtenu à l'électrode positive un corps jaune orange amorphe, se comportant complètement comme le persulfocyanogène. Je me suis servi, pour mes essais en petit, de l'appareil suivant : Une capsule en platine qui formait l'électrode positive contenait une solution de rhodanate de potassium. Une feuille de platine servant comme

électrode négative était plongée dans un cylindre en argile poreuse rempli de la même solution. En faisant passer le courant à froid, il n'y a presque pas de réaction; le liquide à l'électrode positive reste limpide et ne prend qu'une légère coloration jaunâtre. En élevant la température jusqu'à l'ébullition, il y a bientôt formation de flocons jaune orange jusqu'à ce que le rhodanate ait complètement disparu et se soit changé en matière colorante, qui n'a qu'à être filtrée et lavée à l'eau froide.

Dans mes essais en petit, la capsule en platine contenait 100 et le cylindre en argile 45 centimètres cubes de la solution de rhodanate. L'opération ne durait que trois quarts d'heures. Le liquide à l'électrode positive devenait fortement acide, celui à l'électrode négative fortement alcalin. Le liquide à l'électrode positive prenait d'abord une coloration jaunâtre, puis se troublait davantage en donnant le précipité floconneux jaune orange; le liquide à l'électrode négative restait limpide et incolore. A l'électrode négative, il y a un fort dégagement de gaz, que je soumettrai à une analyse.

Le colorant jaune, que j'étudierai encore plus et que je soumettrai à l'analyse élémentaire ainsi qu'à certaines métamorphoses, se comporte de la manière suivante: Il est insoluble dans l'eau, l'éther, le benzol, l'acide acétique froid, et même bouillant et dans le chloroforme. Il ne se dissout que très peu même dans l'alcool absolu bouillant, qui prend une coloration très légèrement jaunâtre. L'alcool amylique même bouillant ne prend qu'une légère teinte jaunâtre. L'aldéhyde à froid, le cymol et le xylol bouillants ne montrent qu'une trace de jaune à peine visible. L'acétate méthylique se colore légèrement jaunâtre.

Il se dissout peu dans la glycérine avec coloration jaune; l'eau ne trouble pas la solution.

Une solution chaude de potasse caustique le dissout avec couleur jaune.

L'acide sulfurique concentré et bouillant donne une dissolution jaune clair qui, versée dans l'eau, donne un précipité de flocons jaunes. L'acide nitrique même bouillant ne le change pas.

Sous le microscope, il apparaît amorphe et jaune canari.

Il paraît être le même corps dont parle M. Schützenberger dans

son *Traité de chimie générale*, tome II, page 620, dans le chapitre des polymères sulfurés de la série du cyanogène :

« Le persulfocyanogène, dont la composition est très proba-
« blement représentée par la formule $C^3N^3HS^3$, se dépose lors-
« qu'on traite une solution aqueuse de sulfocyanate de potasse
« par le chlore ou par l'acide azotique étendu et bouillant. Il se
« présente sous la forme d'une poudre amorphe jaune, insoluble
« dans l'eau, dans l'alcool et dans l'éther. »

Mais, je ne l'ai pas seulement préparé par voie électro-chimique; je l'ai aussi formé et fixé simultanément sur les fibres végétales et animales par l'aide du même moyen.

Je trempe l'échantillon de tissu, coton, laine ou soie par exemple, avec une solution de rhodanate de potassium et je le place sur une feuille de platine formant l'électrode négative, en interposant huit à seize couches de tissu trempé avec la même solution. Je place sur l'échantillon une feuille de platine formant l'électrode positive et je fais passer le courant. Aussitôt le tissu, là où l'électrode positive le touche, se colore depuis le jaune canari jusqu'à l'orange foncé.

Je rappelle à cette occasion le brevet de la *Prochroff'sche Dreibergen manufactur*, à Moscou (voir *Moniteur scientifique*, juin 1883), pour la préparation de la matière colorante jaune qu'elle dénomme *Canarine*, en faisant agir par préférence le brome ou un mélange de chlorate de potasse et d'acide sur l'acide sulfocyanique ou ses sels, les rhodanates. M. Prochoroff emploie les solutions alcalines de la canarine pour la teinture.

Je rappelle également que M. Henri Schmid a été le premier qui ait fixé le persulfocyanogène en impression sur coton (voir le *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, 11ᵉ année, n° 5, septembre et octobre 1883).

Au lieu d'employer les agents oxydants employés jusqu'à présent, je me sers tout aussi facilement de l'oxygène qui, dans l'électrolyse de l'eau, prend naissance à l'électrode positive.

Cette réaction peut tout aussi bien être exécutée en présence des fibres végétales et animales, de manière que le colorant jaune se forme en leur présence et s'y fixe instantanément et solidement, non seulement sur coton, mais aussi sur soie et laine.

Je crois que ma méthode de la préparation de la canarine, ainsi que de sa fixation simultanée sur tissu est la plus simple connue jusqu'à présent.

Elle est un nouvel exemple, que ce chapitre de l'électrolyse qui forme le sujet de mes recherches pourrait même trouver emploi dans la pratique. L'avenir nous dira quand.

NOTE SUR LA FORMATION DE L'OXY- ET DE LA CHLOROCELLULOSE PAR VOIE ÉLECTROLYTIQUE

En rappelant les recherches si intéressantes de M. Georges Witz, sur certaines altérations du coton accidentelles dans le blanchiment (voir les *Bulletins de la Société industrielle de Rouen*, septembre et octobre 1882, mars et avril 1883), ainsi que la notice sur l'oxycellulose par M. Henri Schmid (voir le *Bulletin de la Société industrielle de Rouen*, janvier et février 1884), je communique les premiers résultats que j'ai obtenus, en cherchant à modifier la cellulose en oxy- ou chlorocellulose par voie électro-chimique.

En trempant par exemple un tissu de coton dans la solution de salpêtre ou de chlorure de sodium ou de chlorate de potassium, neutre, acidulée ou rendue alcaline, en le plaçant sur huit à seize couches de tissu également trempées, qui reposent sur une feuille de platine comme électrode négative, il y a, en plaçant dessus une feuille de platine comme électrode positive et en faisant passer le courant pendant quelque temps, changement plus ou moins intense, plus ou moins profond de la cellulose, de sorte qu'après cette opération, elle attire certains colorants, le bleu de méthylène, par exemple, comme si elle avait été mordancée. En teignant dans un bain de bleu de méthylène ou de vert d'aniline ou de fuchsine, etc., et en lavant fortement à l'eau bouillante, tous les endroits qui avaient été touchées par l'électrode positive sont teints en bleu plus foncé que les autres parties du tissu, qui ne montrent qu'une très légère coloration, d'après l'état de pureté de la cellulose employée.

Dans le rongeage du rouge turc et du bleu indigo, par voie électrolytique, que j'ai décrit dans des travaux antérieurs, la cellulose se trouve également modifiée aux endroits rongés, car

elle attire les colorants plus fortement que le tissu ordinaire. On peut produire de cette manière des teintes claires sur rouge turc ou bleu indigo rongés par voie électrochimique.

FR. GOPPELSRŒDER.

SUR LES CONFUSIONS AUXQUELLES DONNENT LIEU

LES UNITÉS DE PUISSANCE ET DE TRAVAIL

Lorsqu'une science se forme et se développe, — et l'on peut dire que la science électrique est encore en pleine formation et en plein développement —, il s'introduit toujours dans le langage technique quelques confusions et quelques malentendus qui, plus tard, le rendent difficilement intelligible pour ceux qui n'en ont pas suivi pas à pas l'évolution.

Cette réflexion nous est inspirée par deux articles que nous venons de lire à quelques jours d'intervalle, l'un dû à la plume de M. *E. Rousseau*, professeur à l'École militaire et à l'Université de Bruxelles, et publié dans le *Bulletin de la Société belge d'Électriciens*, l'autre écrit par M. *Rothen*, directeur-adjoint des télégraphes suisses, dans le numéro d'août du *Journal télégraphique* de Berne.

Sans l'autorité scientifique des auteurs dont émanent les confusions que nous voulons signaler, nous nous serions bien gardé de les mentionner, mais il est à craindre que, sous l'autorité de leurs noms, elles ne se propagent trop rapidement, et qu'elles n'en soient ensuite que plus difficiles à déraciner.

Ces confusions faites simultanément par MM. Rousseau et Rothen portent sur les unités électriques C. G. S., et ont trait aux valeurs, rapports et dimensions des unités théoriques et pratiques de travail, d'énergie, de puissance et de force.

Dans les articles auxquels nous faisons allusion, ces grandeurs sont systématiquement confondues alors qu'elles sont si différentes.

On sait que l'unité C. G. S de *travail* ou d'*énergie* est l'*erg* ou *centimètre-dyne* dont les dimensions sont :

$$[ML^2T^{-2}].$$

L'unité C. G. S. de *force*, de *puissance* ou d'*activité*, est la puissance ou l'activité capable de produire un erg en une seconde, ou l'erg-seconde. C'est donc le rapport d'un travail à un temps et ses dimensions sont :

$$\frac{ML^2T^{-2}}{T} = ML^2T^{-3}.$$

Il est donc tout à fait inexact d'écrire que le produit d'une force électromotrice par une intensité de courant, comme le volt-ampère, — unité pratique de puissance ou d'activité à laquelle le regretté sir William Siemens a donné en 1882 le nom de *watt*, — puisse, à un facteur de 10 près, s'exprimer en ergs.

Ce qu'on peut exprimer en ergs, c'est le produit d'une force électromotrice par une quantité d'électricité, car elle est homogène à un travail.

En effet, les dimensions de la force électromotrice E sont, dans le système électromagnétique :

$$\left[M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{3}{2}}T^{-2}\right].$$

Les dimensions de la quantité Q sont, dans le même système :

$$\left[M^{\frac{1}{2}}L^{\frac{1}{2}}\right].$$

Les dimensions de leur produit Q E seront :

$$[ML^2T^{-2}],$$

c'est-à-dire homogènes à un travail.

En faisant le produit des dimensions de l'intensité de courant par celle de la force électromotrice, on trouve que les dimensions sont :

$$[ML^2T^{-3}],$$

c'est-à-dire homogènes à une puissance ou une activité.

En conséquence le *volt-ampère* ou *watt* ne peut s'exprimer qu'en unités d'activité, et le *volt-coulomb* — auquel on pourrait donner aussi un nom monosyllabique, rappelant ou non son origine —, ne peut s'exprimer qu'en unités de travail ou d'énergie.

La distinction entre les unités de puissance et de travail, doit être aussi logiquement introduite dans les appareils de mesure.

On doit appeler *watt-mètre*, *activité-mètre*, ou *puissance-mètre*, tout appareil qui mesure la puissance ou l'activité, ce qu'on appelle en anglais *the rate of doing work*, ou le taux de débit d'énergie.

Le nom d'*erg-mètre* ou *mesureurs d'énergie* doit être réservé aux appareils qui mesurent véritablement le travail et qui le totalisent. Le frein de Prony et les dynamomètres appartiennent à la première classe, ce sont des mesureurs de puissance ou d'activité; les dynamomètres totalisateurs et certains appareils récents de MM. Vernon Boys, Hopkinson, Siemens, etc., appartiennent à la seconde classe et mesurent effectivement le travail ou l'énergie.

Nous réunissons ci-dessous les principales unités d'activité et de travail actuellement en usage.

UNITÉS D'ACTIVITÉ

L'unité C. G. S. d'activité est l'*erg-seconde*. C'est la puissance, la force, ou l'activité capable de produire un erg en une seconde. Ses dimensions sont: $[ML^2T^{-3}]$. L'unité mécanique pratique d'activité est le *kilogrammètre par seconde*. Le kilogrammètre par seconde vaut :

98 100 000 ergs-seconde, ou 98,1 meg-ergs-seconde.

Le *cheval-vapeur* est l'unité industrielle d'activité, de force ou de puissance employée en France. Le cheval-vapeur vaut :

75 kilogrammètres par seconde, ou 7360 meg-ergs-seconde.

Le *horse-power* est l'unité industrielle d'activité employée en Angleterre.

Le horse-power vaut :

75,9 kilogrammètres par seconde, ou 7460 meg-ergs-seconde.

L'unité électrique pratique d'activité est le *watt* ou *volt-ampère*.

C'est l'activité d'un courant de 1 ampère agissant sous une force électromotrice de 1 volt.

1 watt = 10 meg-ergs-seconde.
1 kilogrammètre par seconde = 9,81 watts.
1 cheval-vapeur = 736 watts.
1 horse-power = 746 watts.

UNITÉS DE TRAVAIL

L'unité C. G. S. de travail ou d'énergie est l'*erg* ou *centimètre-dyne*. Ses dimensions sont : $[ML^2T^{-2}]$.

L'unité pratique de travail est le *kilogrammètre :*

1 kilogrammètre = 10^7 ergs.
1 kilogrammètre = 10 meg-ergs.

Le *cheval-heure* est la quantité de travail produite par une machine dont la puissance ou l'activité est de 1 cheval-vapeur, pendant 1 heure ou 3600 secondes ; le cheval-heure est donc égal à :

$$75 \times 3600 = 270\,000 \text{ kilogrammètres.}$$

L'unité électrique pratique de travail ou d'énergie est le *volt-coulomb*. C'est la quantité de travail produite par une quantité d'électricité égale à 1 coulomb avec une force électromotrice de 1 volt, ou le travail produit en une seconde par un courant dont l'activité est de 1 watt, ou le *watt-seconde*.

1 volt-coulomb = 10 meg-ergs.

1 volt-coulomb $= \frac{1}{9,81}$ kilogrammètre.

On voit, d'après ce que nous venons de dire, qu'il est aussi inexact d'exprimer un travail en watts qu'une puissance en kilogrammètres. Nous espérons que MM. Rothen et Rousseau reconnaîtront la justesse de ces observations, et qu'ils voudront bien modifier les définitions qu'ils ont données pour les mettre d'accord avec les significations exactes des nouvelles unités mécaniques et électriques.

E. Hospitalier.

SUR UN NOUVEAU MODE D'EMPLOI

DU PONT DE THOMSON

POUR LA MESURE DES FAIBLES RÉSISTANCES

Le pont de Thomson, que nous représentons dans la figure ci-contre, est un appareil qui sert à la mesure des faibles résistances. Il permet d'obtenir des résultats très satisfaisants ; aussi est-il souvent employé dans les mesures de précision.

La formule générale du pont de Thomson est la suivante :

$$\frac{R}{d}-\frac{x}{c}+\left(\frac{b}{d}-\frac{a}{c}\right)\frac{l}{a+b+l}=0.$$

Pratiquement, il existe deux manières de se servir de cet appareil.

Dans le numéro 73 de *l'Électricien* (15 avril 1884), on a indiqué une méthode qui consiste à employer un fil homogène, au lieu des deux résistances l et R. Dans ce cas, on commence par établir les bras a, b, c, d, de façon à satisfaire à l'égalité :

$$\frac{b}{d}=\frac{a}{c},$$

puis on ramène le galvanomètre au zéro, en déplaçant les points P et Q sur le fil.

Les deux rapports $\frac{b}{d}$ et $\frac{a}{c}$ étant égaux, le troisième terme de la formule devient nul, l'équation générale se réduit à :

$$\frac{R}{d}-\frac{x}{c}=0,$$

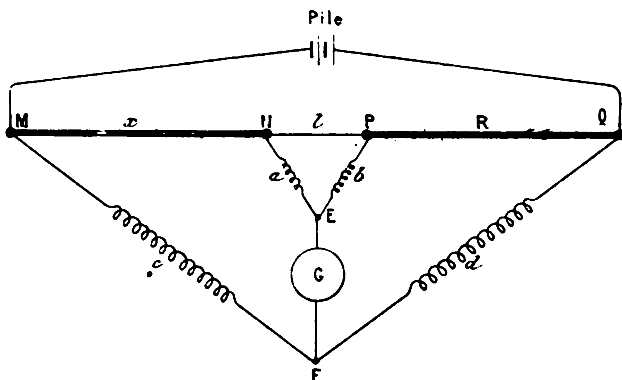
d'où l'on tire :

$$x=\frac{c}{d}R.$$

Nous obtenons c et d par une simple lecture. Quant à la résistance R, connaissant la résistance par mètre du fil employé, il

est aisé d'en déduire la résistance de la longueur PQ, longueur qu'on lit directement sur l'appareil.

Cette méthode est, on le voit, très facile et très simple; cependant elle prête à la critique en bien des points. Nous insisterons seulement sur la difficulté de se procurer un fil homogène dans toute sa longueur. Un fil présentera toujours des variations de résistance, à peine sensibles, il est vrai, mais qui causeraient des erreurs dans les faibles résistances que nous avons à mesurer.



On peut alors résoudre le problème par un procédé bien plus simple : c'est le procédé employé par les élèves de M. Hospitalier, à l'École de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris.

Cette seconde méthode est, en quelque sorte, une méthode par approximations successives. Elle diffère essentiellement de la précédente, en ce qu'on y fait usage d'une résistance R constante.

Voici comment on opère :

On commence par établir le rapport $\frac{b}{a} = 1$, puis on ramène le galvanomètre au zéro à l'aide des résistances c et d.

On règle ensuite les résistances a et b, de manière à satisfaire autant que possible à la relation :

$$\frac{b}{d} - \frac{a}{c} = 0.$$

On fait alors une nouvelle mesure en réajustant les bras c et d,

jusqu'à ce que le galvanomètre revienne au zéro, et ainsi de suite par approximations successives. Pratiquement, après deux expériences, la relation $\frac{b}{d} - \frac{a}{c} = 0$ est sensiblement satisfaite.

Dans ces conditions, le troisième terme de la formule est un terme très petit. En effet, nous avons $\frac{b}{a} - \frac{a}{c}$ qui est nul, ou tout au moins aussi petit que possible : de même $\frac{l}{a+b+l}$ est très petit, puisque les résistances a et b sont grandes relativement à l.

On peut donc négliger le troisième terme.

Nous obtenons alors la formule :

$$x = \frac{c}{d} R.$$

Le rapport $\frac{c}{d}$ est fourni par une simple lecture : la résistance R étant constante, on déduit facilement la valeur de x. Cette résistance fixe R est constituée par un fil de maillechort de 5 millimètres de diamètre et de 0,1 ohm de résistance.

Telle est la méthode, que nous avons employée à l'École de physique et de chimie. Elle nous a toujours donné d'excellents résultats. J. LAFFARGUE.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

—

THE BRITISH ASSOCIATION. — Dans le dernier numéro de cette publication (n° 83, 15 septembre 1884), nous avons rendu compte de la séance d'ouverture de la *British Association* à Montréal (Canada), et cité une partie du discours présidentiel de lord Rayleigh.

Avant d'aborder les discours des présidents des diverses sections présentant quelque intérêt pour les lecteurs de ce journal, nous croyons utile de compléter la publication des portions du discours du Président qui touchent aux questions électriques, et d'une importance telle que leur publication est en tout point digne de l'attention de nos lecteurs.

Une observation remarquable, faite par M. *Hall*, de Baltimore, et d'après laquelle il paraîtrait qu'un flux électrique, dans une surface conductrice, est influencé par une force magnétique, a été l'objet d'une discussion importante et suivie.

M. *Shelford Bidwell* a présenté des résultats d'expériences tendant à prouver que l'effet en question est d'un caractère secondaire résultant, en premier lieu, de la force mécanique opérant sur le conducteur d'un courant électrique, lorsqu'il est placé dans un champ magnétique puissant.

Les vues de M. Shelford Bidwell sont d'accord avec celles de M. Hall, en ce qui concerne la division des métaux en deux groupes, suivant la direction de l'effet obtenu..... Les superbes inventions du téléphone et du phonographe, quoique dépendant d'une façon générale de principes établis de longue date, ont donné une nouvelle impulsion à l'étude de l'acoustique. Le premier, en dehors de ses usages journaliers, est devenu, entre les mains de ses inventeurs, Graham Bell et Hughes, un instrument de première importance scientifique. La théorie de son action est, en quelque sorte, obscure, ainsi que cela résulte des insuccès relatifs des nombreux essais qui ont été tentés pour l'améliorer.

Nous ferons bien, relativement à certaines explications qui ont été produites, de nous rappeler que les modifications moléculaires dans les masses solides sont imperceptibles en elles-mêmes, et ne peuvent se manifester à notre sens auditif que par la génération d'un mouvement de va-et-vient de la surface extérieure s'étendant sur une surface appréciable. Si la surface d'un corps solide demeure inerte, nos oreilles ne peuvent rien nous apprendre de ce qui se passe à l'intérieur..... J'aurais aimé vous parler de ces théories essentiellement spéculatives, particulièrement associées au nom de Maxwell, et dans lesquelles la lumière est regardée comme une action perturbatrice d'un milieu électro-magnétique. J'ai même pensé, à un certain moment, à prendre l'œuvre scientifique de Maxwell comme texte principal de mon discours. Mais comme beaucoup d'hommes de génie, Maxwell aimait les questions obscures et difficiles, peu propres à une étude rapide, de sorte que beaucoup de ses travaux n'auraient pu trouver place dans cette circonstance.

Sa biographie a été publiée récemment et devrait être lue par tous ceux qui s'intéressent à la science et aux hommes scientifiques.

La diversité de son caractère, l'originalité de son humeur, la pénétration de son intelligence, ses sentiments religieux simples, mais profonds, son affection paternelle, tout se trouve réuni pour former un tableau rare et fascinateur. Pour estimer justement son influence

sur l'état actuel de la science, nous devons non seulement regarder le travail qu'il a personnellement exécuté, si important qu'il puisse être, mais aussi les idées et l'esprit qu'il a communiqués à d'autres. Parlant de moi-même comme d'un individu qui, à un certain point de vue, a partagé ses travaux, je trouverais difficilement des expressions rendant fidèlement mes sentiments d'obligation. L'impression de ses pensées peut être reconnue dans la majorité des meilleurs travaux de l'époque. Comme professeur et examinateur, il était parfaitement édifié sur la tendance presque universelle qu'ont les esprits sans instruction d'élever les phrases au-dessus des choses; comme, par exemple, d'expliquer la rotation persistante d'un volant par le principe de la conservation de l'énergie, à peu près dans le style du docteur dans *le Malade imaginaire*, lequel explique que l'opium fait dormir en vertu de ses propriétés dormitives.

La tendance de Maxwell a toujours été de présenter les faits au premier plan, et c'est à son influence, jointe à celle de Thomson et d'Helmholtz, qu'est due en grande partie cette élimination d'hypothèses superflues, une des caractéristiques de la science actuelle.

En parlant défavorablement d'hypothèses superflues, je désire ne pas être mal compris. La science n'est rien sans généralisations. Des faits détachés et mal assortis sont seulement de la matière première, et, en l'absence d'un dissolvant théorique, n'ont qu'une valeur nutritive insignifiante.

Actuellement, et dans quelques branches, l'accumulation de matériaux est tellement rapide qu'il y a danger d'indigestion. Par une fiction aussi remarquable que toute autre pouvant être tirée du domaine légal, ce qui a été publié une fois, même si cela a eu lieu en langue russe, est déclaré *connu*, et l'on oublie souvent que la redécouverte dans la bibliothèque peut être un procédé plus difficile et plus incertain que la première découverte dans le laboratoire. En cela, nous dépendons, dans une grande mesure, des rapports et des extraits publiés principalement en Allemagne et sans lesquels la découverte d'un auteur peu connu serait une tache presque impossible.

Notre association a produit beaucoup de travaux utiles dans cette direction. Des rapports critiques tels que ceux traitant d'hydro-dynamique, des marées, de la spectroscopie, guident l'investigateur sur les points nécessitant plus directement son attention, et, en discutant les résultats obtenus dans le passé, contribuent au progrès dans l'avenir. Mais malgré l'abondance des faits il reste beaucoup à faire. Si, comme on le croit quelquefois, la science ne consistait qu'en une accumulation laborieuse de faits, elle se trouverait bientôt arrêtée et écrasée sous son propre poids. La suggestion d'une idée nouvelle

ou la découverte d'une loi dégage l'esprit de ce qui lui pesait auparavant comme un fardeau et, en introduisant l'ordre et la méthode, permet de retenir le reste plus facilement. Ceux qui sont au courant des écrits des vieux électriciens me comprendront lorsque je comparerai la découverte de la loi d'Ohm à un progrès ayant rendu la science plus facile à comprendre et à retenir. Les deux procédés agissent, par conséquent, simultanément, la réceptrice de nouvelles matières, et la digestion et assimilation des anciennes, et, comme tous les deux sont essentiels, nous pouvons nous éviter la discussion de leur importance relative... J. A. Berly

---

DU RÉGIME LE PLUS FAVORABLE AUX LAMPES A INCANDESCENCE

PAR LE PROFESSEUR DIETRICH, DE STUTTGART[1]

Plus la température du filament de charbon d'une lampe à incandescence est élevée, plus la transformation d'énergie électrique en lumière doit, rationnellement, être économique, c'est-à-dire qu'il faut moins de volts-ampères pour la production d'une quantité de lumière déterminée. Ce simple fait physique a souvent conduit à cette conclusion, que la meilleure lampe à incandescence est celle qui donne la plus grande intensité lumineuse avec la moindre dépense de travail. Cette déduction n'est cependant pas absolument exacte, comme on l'a déjà relevé de divers côtés[2]. Il y a en effet un point de la plus haute importance dans la pratique et dont on ne tient pas compte, c'est la durée de la lampe qui dépend essentiellement de ce qu'on lui demande. On se contente par exemple, pour les lampes Edison, d'une bougie normale pour une consommation de 4 à 5 volts-ampères. Il est cependant facile d'obtenir un plus haut degré d'incandescence, et par suite l'unité de lumière, avec moins de travail; mais il s'agit de savoir si l'avantage qu'entraîne avec lui un meilleur rendement n'est pas compensé par une plus grande consommation de lampes. Il est tout d'abord évident que, dans des circonstances données, les lampes d'une installation d'éclairage doivent au point de

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift*, août 1884.

[2] Voy. *l'Électricien* des 15 juillet et 1er août 1883 : *L'éclairage par incandescence*, par Wilhelm Siemens, t. VI, p. 74 et 125.

vue technique, satisfaire à des conditions rationnelles parfaitement déterminées. Dans tous les cas où des considérations d'exploitation n'obligent pas à rechercher une consommation exceptionnelle de filaments de charbon, la condition que *le coût général d'exploitation annuelle par bougie normale doit être minimum* fournit des renseignements sur le nombre de volts-ampères le plus avantageux à employer pour la production de l'unité de lumière. Nous allons chercher la solution de ce problème, abstraction faite des machines dynamos et des conducteurs.

Soient a le coût annuel de l'unité de puissance (volt-ampère), p le prix d'une lampe, L son intensité lumineuse, E l'énergie en volts-ampères nécessaire à la production de la bougie normale, et B la durée d'une lampe en heures.

B dépendant de E dans tous les cas, nous admettrons tout d'abord que :

$$B = f(E). \qquad (1)$$

Le travail absorbé pour la production de l'intensité lumineuse 1 coûte par an, la somme :

$$K_1 = aE.$$

Pour t heures d'exploitation annuelle, il faut dans le courant de l'année $\frac{t}{B}$ lampes, dont le prix élève le coût de la bougie normale de :

$$K_2 = \frac{t}{B}\frac{p}{L}.$$

Par suite, la condition ci-dessus spécifiée se formule simplement de la manière suivante :

$$\text{minimum} = aE + \frac{tp}{BL} = aE + \frac{tp}{f(E)L}. \qquad (2)$$

Alors, de deux choses l'une, ou bien il s'agit d'appliquer les déductions de l'équation (2) à l'emploi d'une nouvelle lampe d'intensité lumineuse parfaitement déterminée, et, dans ce cas, L se présente comme constante dans cette équation ; ou bien il faut tirer le meilleur parti possible d'une sorte de lampe qu'on a à sa disposition, et alors L devient elle-même fonction de E.

Nous commencerons par examiner le premier cas.

On ne peut guère établir par des considérations théoriques la relation entre la durée B d'une lampe et le travail absorbé par la production de l'unité de lumière. Il est plus simple de procéder, pour

un système de lampes donné, par des expériences embrassant un long espace de temps et un nombre de lampes aussi grand que possible. C'est ce qui explique qu'on n'ait jusqu'ici que très peu d'éléments relatifs à la détermination de la courbe $B = f(E)$. La série la plus complète d'observations de ce genre en ce qui concerne les lampes Edison se trouve dans le numéro du 15 mai 1884, du *Zeitschrift für Elektrotechnick*. Les expériences qui leur servent de base ont été faites dans une fabrique de lampes Edison. Nous en reproduisons ci-dessous les données :

TABLEAU I.

LAMPE DE 16 BOUGIES

		Bougies normales.	Heures.
Une lampe de 16 bougies dure,	avec une puissance lumineuse de	10	5550
—	—	11	3963
—	—	12	2857
—	—	13	2134
—	—	14	1628
—	—	15	1292
—	—	16	1000
—	—	17	802
—	—	18	651
—	—	19	534
—	—	20	443
—	—	21	371
—	—	22	312
—	—	23	266
—	—	24	228
—	—	25	196
—	—	30	163

LAMPE DE 10 BOUGIES

		Bougies normales.	Heures.
Une lampe de 10 bougies dure,	avec une puissance lumineuse de	8	2260
—	—	9	1470
—	—	10	1000
—	—	11	714
—	—	12	512
—	—	13	385
—	—	14	294
—	—	15	233
—	—	16	179
—	—	17	145
—	—	18	118
—	—	19	96
—	—	20	80

Les courbes déduites de ces tableaux avec les intensités lumineuses pour abcisses et les durées des lampes pour ordonnées présentent une si remarquable régularité qu'on en arrive à se demander si un

grand nombre de points n'en ont pas été obtenus par interpolation. Ce qui frappe également c'est que les courbes s'approchent très lentement, on pourrait dire asymptotiquement, de l'axe des x, tandis que très vraisemblablement la durée d'une lampe Edison, pour une intensité lumineuse déterminée et pas très élevée, doit tomber à zéro, c'est-à-dire que le filament de charbon se détruit immédiatement. Toujours est-il que les séries d'observations ci-dessus donnent au moins une idée de la forme approximative des courbes.

Mais ce n'est pas la relation entre l'intensité lumineuse et la durée des lampes que nous avons à considérer ici; c'est le rapport de l'énergie absorbée par la production de la bougie normale à la durée. Il faut donc chercher en plus la relation entre l'intensité lumineuse et l'énergie. On sait que des expériences ont été faites à cet égard par la Commission scientifique de l'exposition électrique de Munich, et ont donné par exemple pour la lampe Edison de 16 bougies :

$$L = 0{,}0000376\,(id)^3 = K\,(id)^3, \qquad (3)$$

expression dans laquelle i représente l'intensité du courant, et d la différence de potentiel aux bornes de la lampe.

On a par suite pour l'énergie par bougie normale :

$$\frac{id}{L} = E = \frac{1}{\sqrt[3]{K L^2}}. \qquad (4)$$

Cette équation (4) permet de déduire du tableau ci-dessus, pour la lampe de 16 bougies, l'état comparatif suivant :

TABLEAU II.

E.		B.	
6,43	volts-ampères.	5330	heures.
6,04	—	3963	—
5,69	—	2857	—
5,40	—	2134	—
5,14	—	1628	—
4,81	—	1292	—
4,70	—	1000	—
4,52	—	802	—
4,33	—	651	—
4 19	—	534	—
4,05	—	443	—
3,92	—	371	—
3,80	—	312	—
3,69	—	266	—
3,59	—	228	—
3.49	—	196	—
3,09	—	165	—

La figure 1 représente la courbe construite sur ces données avec les valeurs de E comme abcisses et les valeurs correspondantes de B comme ordonnées. On est également frappé de la lenteur avec

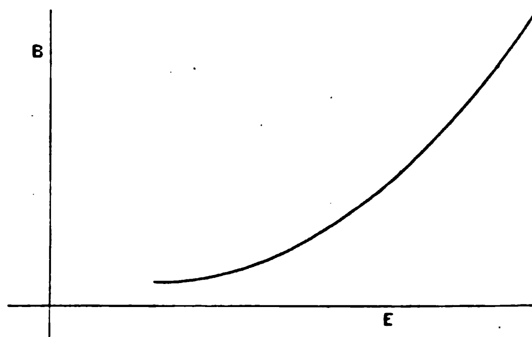


Fig. 1.

laquelle elle se rapproche de l'axe des x; sa forme laisse penser qu'elle peut être représentée par une équation du second degré de la forme suivante :

$$B = a + bE + cE^2, \qquad (5)$$

a, b et c étant des constantes que les considérations ci-dessous permettent de déterminer.

Pour ce qu'on demande normalement à la lampe avec E_1 (volts-ampères) par bougie normale, on peut admettre qu'on connait sa durée B_1, de sorte qu'on a :

$$B_1 = a + bE_1 + cE_1^2. \qquad (6)$$

En expérimentant sur un grand nombre de lampes, on peut d'ailleurs trouver aisément la valeur minimum d'énergie, E_{min}, qui donne à la durée cherchée de la lampe une valeur aussi petite que possible, pratiquement égale à zéro.

On a alors :

$$o = a + bE_{min} + cE^2_{min}. \qquad (7)$$

Enfin on ne commettra pas une grosse erreur en admettant que la courbe B_1E touche l'axe des x pour le point $B = o, E = E^{min}$. On obtient ainsi la condition :

$$o = b + 2cE_{min}. \qquad (8)$$

En éliminant *a*, *b*, *c* entre ces quatre dernières équations, on tire de l'équation (5) :

$$B = B_1 \left(\frac{E - E_{min}}{E_1 - E_{min}}\right)^2. \qquad (9)$$

Avec cette valeur de $B = f(E)$, il est facile de résoudre l'équation (2) par rapport à E. On trouve :

$$E = E_{min} + \sqrt[3]{\frac{2\, tp\, (E_1 - E_{min})^2}{LB_1\, a}}. \qquad (10)$$

Au lieu des équations (7) et (8) pour la détermination des constantes *a*, *b*, et *c*, on pourrait naturellement employer des relations fournies par deux autres paires de coordonnées $B_2 E_2$ et $B_3 E_3$. Mais la détermination exacte de celles-ci exigerait beaucoup de temps et de dépense, tandis que la base expérimentale de l'équation (7), quand même elle serait un peu moins sûre, est rapidement réalisable.

Comme on ne peut rien déduire, en ce qui concerne E_{min}, des valeurs des tableaux I et II, ainsi que nous l'avons dit, en raison des inexactitudes des expériences, il n'est pas possible d'appliquer ici la formule (10). Par contre, il n'y a aucun inconvénient à établir la valeur numérique de l'expression du coût total $aE + \frac{tp}{BL}$ pour des valeurs corrélatives de E et de B_r et de déterminer ainsi son minimum. Si l'on prend comme prix annuel de la force d'un cheval électrique = 125, 250 ou 375 francs, ce qui donne pour $a = \frac{125}{736}$, $\frac{250}{736}$ ou $\frac{375}{736}$; pour prix d'une lampe = 7fr,50 ; pour intensité lumineuse = 16 bougies normales ; et pour durée d'éclairage annuel = 1800 et 600 heures, on obtient les résultats du tableau III (page 318).

Les chiffres entre parenthèses représentent en francs le coût annuel des lampes par bougie normale (travail consommé et lampes perdues) et leur durée en heures.

Pour une très faible dépense de travail, on trouve une valeur considérable de E, c'est-à-dire qu'il faut demander peu à la lampe. Il va de soi que si l'on prend en considération la couleur de la lumière, on ne peut descendre au-dessous d'un certain minimum.

Nous n'avons considéré jusqu'ici que le cas où il s'agit d'appliquer une nouvelle lampe d'intensité lumineuse parfaitement déterminée dont on veut obtenir le degré d'incandescence le plus avantageux. Nous avons à examiner maintenant le second cas, à savoir combien il

faut consommer de volts-ampères par bougie normale dans une lampe donnée et avec quelle intensité lumineuse la lampe éclaire le mieux.

TABLEAU III. — VALEURS LES PLUS AVANTAGEUSES DE E.

COUT ANNUEL DU CHEVAL ÉLECTRIQUE.	HEURES D'ÉCLAIRAGE PAR AN.	
	1800	600
125 francs.	6,20 volts-ampères $\left(\begin{matrix}1,225\\ 4600^h\end{matrix}\right)$	5,14 volts-ampères $\left(\begin{matrix}1,05\\ 1630^h\end{matrix}\right)$
250 francs.	5,55 volts-ampères $\left(\begin{matrix}2,225\\ 2500^h\end{matrix}\right)$	4,70 volts-ampères $\left(\begin{matrix}1,875\\ 1000^h\end{matrix}\right)$
375 francs.	5,14 volts-ampères $\left(\begin{matrix}3,1375\\ 1630^h\end{matrix}\right)$	4,35 volts-ampères $\left(\begin{matrix}2,65\\ 650^h\end{matrix}\right)$

L'équation (2) subsiste encore ici; seulement L n'est plus constante mais bien fonction de E. De l'équation (4) on tire :

$$L = \frac{1}{\sqrt{KE^3}};$$

en portant cette valeur dans l'équation (2) et cherchant la valeur de E qui rend minimum le second membre de cette équation, on en tire finalement :

$$\frac{\sqrt{E}\,(E + 3\,E_{min})}{(E - E_{min})^3} = \frac{2\,a\,B_1}{tp\,(E_1 - E_{min})^2\sqrt{K}}, \qquad (11)$$

expression qui permet de déterminer E dans le cas spécial dont il s'agit.

Si l'on renonce encore à l'emploi de l'équation (1), pour les lampes Edison en raison de ce qu'on ne connaît pas la valeur E_{min}, on peut, d'une façon analogue au mode d'opérer ci-dessus, trouver encore ici, à l'aide des tableaux I et II, les conditions les plus avantageuses et l'intensité lumineuse correspondante. On obtient le tableau IV.

Les chiffres entre parenthèses donnent le coût minimum général annuel en francs par bougie normale, la durée des lampes et leur intensité lumineuse.

TABLEAU IV. — VALEURS LES PLUS AVANTAGEUSES DE E.

COUT ANNUEL DU CHEVAL ÉLECTRIQUE.	HEURES D'ÉCLAIRAGE PAR AN.	
	1800	600
125 francs.	6,23 volts-ampères (1,3375; 4700 heures; 10,5 bougies normales).	4.91 volts-ampères (1,0625; 1300 heures; 15 bougies normales).
250 francs.	5,40 volts-ampères (2.325; 2130 heures; 13 bougies normales).	4,55 volts-ampères (1,8625; 650 heures; 18 bougies normales).
375 francs.	4,91 volts-ampères (3,20 : 1300 heures; 15 bougies normales).	4,05 volts-ampères (2,575; 440 heures; 20 bougies normales).

Du tableau IV, on conclut aisément que $E = 4,70$, c'est-à-dire que l'intensité lumineuse normale de 16 bougies normales et la durée de 1000 heures sont les conditions d'exploitation les plus avantageuses d'une lampe A Edison, quand les prix d'énergie et les durées annuelles d'éclairage t de l'installation ont les valeurs suivantes :

TABLEAU V.

Prix du cheval électrique.	Durée d'éclairage par an t.
750 francs.	2160 heures.
500 —	1650 —
375 —	1200 —
250 —	820 —
125 —	480 —

E. B.

LA TREMPE DE L'ACIER PAR COMPRESSION[1]

Messieurs, nous avons à vous rendre compte des résultats obtenus par une méthode nouvelle d'élaboration de l'acier, inventée par M. Clémandot. Cette méthode consiste à chauffer le métal, de manière à lui faire acquérir une ductilité suffisante, puis à le soumettre pendant le refroidissement à une pression très énergique. M. Clémandot a remarqué que la structure du métal était modifiée par cette opéra-

[1] Extrait d'un rapport fait par M. Ad. Carnot, au nom du Comité des arts chimiques, à la Société d'encouragement pour l'industrie nationale.

tion, et qu'il pouvait acquérir ainsi des propriétés analogues à celles qui se développent par la trempe. Aussi a-t-il désigné son procédé sous le nom de *trempe par compression*.

L'emploi d'une forte pression dans le travail de l'acier a déjà été essayé, il y a quelques années, en Angleterre, par M. Whitworth, mais dans un autre but et dans des conditions bien différentes. On se proposait d'éviter les soufflures, qui se produisent par suite du développement de bulles gazeuses pendant la solidification de l'acier fondu, et, à cet effet, on soumettait le métal à une pression énergique dans le moule enduit de pisé réfractaire, où il venait d'être coulé et où il se refroidissait lentement. De semblables essais ont été renouvelés en France, mais toujours suivant le même principe, c'est-à-dire en opérant sur l'acier encore en fusion.

M. Clémandot, au contraire, prend l'acier déjà fabriqué, soit coulé en lingots, soit martelé ou laminé; il le réchauffe seulement à la température du rouge cerise et le soumet à l'action de la presse hydraulique, qu'il pousse jusqu'à 1000, 2000 et même 3000 kilogrammes de pression par centimètre carré. Il laisse refroidir l'acier entre les deux plateaux de la presse et il le retire ayant acquis ses qualités nouvelles, sans avoir besoin de le soumettre à aucun recuit, ni à aucune autre opération supplémentaire.

Le métal qu'il obtient ainsi diffère très sensiblement de l'acier naturel (en désignant par ce mot l'acier qui s'est refroidi lentement et sans compression) par une finesse de grain beaucoup plus grande, par une dureté et une résistance à la rupture bien plus considérables, du moins lorsqu'il s'agit de certaines qualités d'acier assez fortement carburées. Il se raproche un peu, sous ces divers rapports, de l'acier trempé par immersion dans l'eau, sans lui être cependant identique.

Il nous semble que cette méthode de travail de l'acier mériterait d'être soumise à des essais pratiques dans l'industrie. Mais il n'est peut-être pas inutile qu'un peu de théorie intervienne, pour servir de guide aux expérimentations. Aussi allons-nous essayer de nous rendre compte des phénomènes qui peuvent se produire dans les conditions où se place M. Clémandot.

Nous y voyons deux effets physiques très différents et presque simultanés :

1° Une compression énergique et continue;
2° Un refroidissement rapide de l'acier.

La compression doit être accompagnée d'une surélévation de la température du métal, par suite de la conversion du travail mécanique en chaleur, conformément aux lois de la thermo-dynamique;

mais elle doit aussi produire un rapprochement des particules d'acier, encore assez chaudes pour se souder les unes aux autres.

Le refroidissement est causé par le contact des plateaux de la presse hydraulique ou par celui des plaques métalliques interposées entre la pièce d'acier et les plateaux. Il se fait ici avec une vitesse incomparablement plus grande que lorsque la même pièce est abandonnée à elle-même sans compression, et cela s'explique aisément par un simple effet de conductibilité ; car la compression du métal encore malléable rend beaucoup plus intime son contact avec les masses conductrices, qui agissent alors comme réfrigérants énergiques.

Il nous semble que les résultats remarquables obtenus par M. Clémandot trouvent leur explication dans la combinaison de ces deux effets physiques simultanés et en quelque sorte opposés : la compression et le refroidissement.

Le premier a, par ses résultats, quelque analogie avec l'écrouissage par les marteaux ou les laminoirs ; le second, quelque ressemblance avec la trempe par immersion.

On nous permettra d'insister un peu sur ces divers procédés de travail, afin de mieux saisir les rapports et les différences avec le procédé nouveau.

Écrouissage. — Lorsque l'acier, ramolli par le réchauffage au rouge, est abandonné à un refroidissement lent, ses molécules tendent à s'isoler les unes des autres; il prend alors une structure grenue ou cristalline. Il arrive souvent alors qu'une partie du carbone, primitivement dissous à haute température dans l'acier, se sépare à l'état de graphite, qui forme un résidu noir insoluble lorsqu'on traite le métal par l'acide chlorhydrique concentré.

Les opérations mécaniques exécutées sur le métal encore très chaud, telles que le cinglage, le martelage, le laminage, contrarient quelque peu cette tendance à la cristallisation et donnent au métal plus de cohésion et d'homogénéité. On a remarqué aussi qu'elles diminuaient la proportion de carbone à l'état graphitoïde[1].

Mais le choc des marteaux ou la pression des cylindres est de courte durée, et lorsque le métal est laissé à lui-même, il reprend une texture cristalline ne différant pas beaucoup de celle qu'il aurait eue si son refroidissement n'avait pas été troublé.

La presse hydraulique doit agir tout autrement. La compression quelle produit est moindre sans doute que celle qu'on peut obtenir par le choc de lourds marteaux ; mais elle se continue pendant toute

[1] Caron, *Compt. rend. de l'Acad. des sc.*, t. LVI, p. 43, 1863.

la durée du refroidissement. Les particules métalliques, rapprochées les unes des autres par cette compression, peuvent donc éprouver une sorte de soudage définitif, qui doit avoir pour effet d'augmenter la résistance et l'élasticité du métal.

Trempe. — La trempe paraît aussi agir en mettant obstacle à la cristallisation de l'acier. Elle se pratique en chauffant le métal à une température voisine du rouge et le plongeant brusquement dans un bain liquide à température relativement basse. On emploie quelquefois le mercure pour avoir une trempe très dure, quelquefois l'huile pour une trempe douce, le plus souvent l'eau seule ou mêlée de substances diverses. Le principe commun de ces divers modes de trempe consiste toujours dans un très rapide refroidissement du métal, d'où résultent des modifications importantes dans sa nature *chimique* et dans son état *physique*.

Les *effets chimiques* de la trempe ne sont pas encore très bien connus. Cependant diverses expériences ont conduit à admettre que la quantité de carbone combiné ou plutôt à l'état de dissolution, comme l'ont démontré MM. Troost et Hautefeuille[1], est plus grande dans les aciers trempés que dans les mêmes aciers avant la trempe, tandis que ceux-ci renferment une plus forte proportion de carbone isolé sous forme de graphite. On est donc en droit de supposer, avec le colonel Caron[2], que la trempe produit l'union du carbone et du fer, ou mieux, comme l'a indiqué M. Grüner[3], qu'elle empêche la séparation des deux substances déjà unies.

Nous ne croyons pas devoir entrer ici plus avant dans les hypohèses faites ou à faire sur la constitution chimique de l'acier.

Quant aux *effets physiques* de la trempe, dont il nous semble qu'on ne tient pas, en général, un compte suffisant, ils peuvent se déduire de considérations sur le mode de refroidissement de l'acier.

La couche superficielle, brusquement saisie par le contact du liquide froid, doit diminuer subitement de volume et presser fortement sur tes parties intérieures, encore chaudes et malléables, de manière à rapprocher et peut-être même à souder ensemble les molécules du métal. Cette compression subite a été comparée par le colonel Caron à l'effet produit par un frettage énergique ou par le choc du marteau sur le métal porté au rouge[4].

Mais l'analogie avec le martelage ou le frettage cesse bien vite d'être

[1] *Compt. rend.*, t. XCIV, p. 789, 1882.
[2] *Compt. rend.*, t. LVI, p. 211, 1863.
[3] *Annal. des mines*, 6e sér., t. XII, p. 225, 1867.
[4] *Compt. rend.*, t. LVI, p. 214, 1863.

vraie, du moins lorsqu'il s'agit d'une pièce d'acier un peu volumineuse, dont le refroidissement n'est pas instantané; car les parties intérieures, qui au moment du durcissement de l'enveloppe, étaient encore très fortement dilatées par la chaleur, tendent à se contracter en se refroidissant, et cependant l'enveloppe, devenue rigide, ne peut les suivre dans leur retrait. Il doit donc en résulter une très forte distension entre les différentes zones cencentriques de la pièce d'acier.

Aussi concevons-nous l'état d'équilibre intérieur, dans un cylindre d'acier trempé, comme précisément inverse de celui que produirait un frettage posé à chaud. Tandis que dans une pièce frettée la partie centrale doit être comprimée et le métal de la frette distendu, dans l'acier trempé, au contraire, la partie centrale nous paraît devoir être fortement distendue, puisque la résistance de la couche extérieure, brusquement solidifiée, l'a maintenue à un volume plus grand que celui auquel elle se serait naturellement réduite par un refroidissement graduel. La couche superficielle doit être dans un état de tension opposé, puisqu'elle résiste à l'effet de contraction des couches internes.

Nous ne connaissons pas d'expérience concluante sur le sens de la tension moléculaire dans l'acier trempé; mais il nous semble que les présomptions précédentes trouvent leur confirmation dans le changement de densité du métal. Le colonel Caron avait déjà signalé ce fait, que la densité de l'acier est diminuée par la trempe; nous avons eu nous-même occasion de le vérifier dans des expériences que nous rapporterons plus loin. Cette diminution de densité indique bien une distension anomale des molécules dans l'acier trempé.

Nous pourrions aussi invoquer dans le même sens les très intéressantes expériences faites, il y a quelques années, par MM. de Luynes et Feil[1] et par M. Alfred Leger[2], sur des plaques ou des cylindres de verre trempé, observés par transparence à l'aide de la lumière polarisée. Les effets de compression et de distension des molécules dans ce milieu translucide se traduisent, entre les nicols, par des figures irisées, qui font connaître la distribution des points d'égale pression. Or il est facile de constater par cette méthode que la surface et le noyau central sont dans des états de tension tout à fait différents, et il paraît légitime d'étendre cette même conclusion à l'acier.

Tout nous conduit à penser que la trempe produit dans l'acier des distensions moléculaires qui peuvent même être excessives et arriver à dépasser la ténacité du métal. Cela explique les ruptures intérieures qui éclatent si fréquemment, surtout dans les grosses

[1] *Compt. rend.*, t. LXXXI, p. 341, 1875.
[2] *Constitution moléculaire des corps trempés*, par M. Alfred Leger. Lyon, 1877.

pièces, soit au moment de leur immersion dans l'eau froide, soit plutôt au bout de quelques instants ou même après un temps plus ou moins long, sous l'influence de légers chocs ou de changements de température [1].

La production de ces fentes intérieures, qui souvent ne sont pas visibles à la surface, mais n'en sont guère moins à redouter pour l'usage ultérieur, constituent un inconvénient d'autant plus grave, que les pièces d'acier doivent être presque complètement achevées avant d'être trempées, à cause de leur extrême dureté après la trempe, et que, par conséquent, tout le travail qui leur a été consacré se trouve ainsi perdu au dernier moment.

Il est à remarquer que les aciers qui prennent le plus de dureté par la trempe, sont aussi les plus exposés à ce genre d'accidents.

On cherche à les éviter par différents moyens empiriques, soit en mêlant à l'eau des substances gommeuses ou d'autres substances qui la rendent moins mobile et diminuent ainsi la vitesse du refroidissement, soit en recouvrant l'eau d'une couche d'huile, soit en portant le bain liquide à une température plus ou moins élevée. On a même recommandé, fort justement à nos yeux, de recourir à l'eau bouillante pour les pièces de dimensions un peu grandes [2]. Mais, en diminuant la vitesse de refroidissement ou la chute de température, on atténue en même temps la dureté de la trempe.

Compression. — Examinons maintenant les effets de la compression opérée sur l'acier préalablement chauffé au rouge cerise suivant la méthode de M. Clémandot.

Il nous faut, tout d'abord, écarter une erreur qui s'est accréditée au sujet de cette méthode. On a écrit, dans différentes publications, que la pièce d'acier devait être enfermée dans un moule qui la contînt exactement; tout au contraire, il n'est pas nécessaire que la compression s'exerce à la fois sur toute la surface de la pièce d'acier; il suffit de la produire sur deux faces opposées. Une barre carrée, droite ou courbée en forme de fer à cheval, doit être simplement posée à plat et comprimée entre les deux plateaux de la presse hydraulique. La compression a même pu être appliquée avec succès sur les arêtes opposées d'un cylindre ou d'un tore; cependant ces conditions sont

[1] On réussirait sans doute à empêcher le développement de tensions anomales et, par suite, la production de fentes intérieures, si l'on pouvait faire en sorte que le refroidissement se propageât en sens inverse de ce qui a toujours lieu, c'est-à-dire du dedans vers le dehors de la pièce d'acier. Mais il y a bien peu de cas où ce résultat puisse être obtenu, et encore ne serait-ce qu'au prix de grandes difficultés pratiques.

[2] M. Puel, *Note sur la trempe*, dans le *Mémorial d'artillerie de marine*, 1882.

assurément peu favorables, et l'on doit, autant que possible, présenter à la presse des surfaces planes un peu étendues.

Pour se placer dans les meilleures conditions, il convient de comprimer, dans le plus court délai possible, la pièce d'acier préalablement portée au rouge cerise. A cet effet on peut préparer la presse hydraulique de telle sorte qu'il ne reste entre les sommiers que la place nécessaire pour l'introduction facile de la pièce ; si l'on dispose d'accumulateurs, on amène très rapidement les surfaces pressantes au contact de l'acier, puis on pousse rapidement la pression jusqu'à la limite que l'on s'est fixée à l'avance, et qui peut correspondre à 10, 20 ou 30 kilogrammes par millimètre carré de surface.

On doit aussi avoir soin que les sommiers métalliques placés au contact de la pièce soient bien dressés et à surfaces nettes, pour être bons conducteurs de la chaleur.

On obtient alors le double résultat que nous avons déjà indiqué : le rapprochement et peut-être le soudage des particules d'acier sous l'action énergique et ininterrompue de la presse, et en même temps, par le contact de masses métalliques froides, un refroidissement rapide, comparable à une véritable trempe.

Quoique le milieu trempant soit solide, l'effet de réfrigération est à peu près le même que dans un bain liquide; mais il ne faut pas négliger cette différence essentielle, que la trempe par immersion donne lieu à une augmentation finale de volume et à une diminution de densité, tandis que la presse hydraulique, agissant pendant toute la durée du refroidissement, tend à ramener le métal à son volume primitif et par conséquent à son poids spécifique normal, et à empêcher de se produire l'état de distension intérieure que nous avons signalé dans l'acier trempé.

L'expérience a confirmé ces inductions théoriqnes, soit au point de vue de la densité, soit au point de vue des qualités de résistance du métal....

Effets magnétiques de la compression. — Nous terminerons ce rapport en appelant l'attention sur une propriété spéciale qui peut être communiquée à l'acier soit par la trempe, soit par la compression, et qui établit une dernière analogie entre ces deux opérations, quoique si différentes en apparence. C'est la faculté de recevoir et de conserver l'aimantation ou ce qu'on a appelé la *force coercitive.*

Un barreau d'acier suffisamment carburé est susceptible d'être aimanté, lorsqu'il a été soumis à la compression, comme lorsqu'il a subi la trempe, et l'on observe que les mêmes sortes d'aciers présentent, dans l'un et l'autre cas, la plus grande aptitude à s'aimanter.

Les expériences faites jusqu'ici dénotent une certaine infériorité des aimants comprimés; car des aciers de même nature et de même dimension, aimantés à saturation, présentent un force magnétique un peu moindre lorsqu'ils ont été comprimés que lorsqu'ils ont été trempés à l'eau froide. Mais, d'une part, cette infériorité n'est peut-être pas définitive et pourrait être rachetée par une faible augmentation du poids des aimants; de l'autre, elle n'est pas sans compensations sérieuses, comme nous allons le montrer.

On sait que l'acier trempé, lorsqu'il est soumis à un recuit au rouge, revient presque à l'état naturel et perd une grande partie de sa force coercitive. Il n'en est pas de même de l'acier comprimé : celui-ci peut, au contraire, être recuit et même forgé, sans perdre son aptitude à l'aimantation.

C'est là un fait assez remarquable; il mérite d'être rapproché d'un autre fait que nous avons observé dans l'acier comprimé; c'est la conservation, même après le recuit, de la finesse de grain qui le distingue de l'acier naturel. Il semble que le rapprochement et peut-être le soudage des particules d'acier, opérés pendant le refroidissement sous pression, aient des effets plus stables que ceux qui sont produits par la trempe ordinaire.

Nous avons pu constater, par exemple, qu'un barreau d'acier courbé en U, puis comprimé, et un autre barreau de même poids, comprimé d'abord à l'état de règle droite, puis réchauffé et courbé à la forge, comme le premier, pouvaient l'un et l'autre porter environ vingt fois leur poids, après avoir été aimantés à saturation.

On pourra probablement profiter de cette stabilité des effets obtenus pour augmenter la puisance des aimants comprimés. Quelques expériences semblent indiquer, en effet, que la force magnétique peut être accrue en soumettant une barre déjà comprimée à une seconde compression après forgeage. D'autre part, un barreau comprimé d'abord peut ensuite être trempé à l'eau et recevoir une aimantation puissante. Il est donc à prévoir que la fabrication des aimants comprimés ne tardera pas à se perfectionner.

Mais on peut dès aujourd'hui reconnaître à la compression une supériorité marquée sur la trempe, sous un certain rapport. Elle s'applique, en effet, sans difficulté, aux aciers les plus durs et qui fournissent précisément les meilleurs aimants, tandis que la trempe les fait souvent éclater ou fendre. Par exemple, les aimants à 3 et 4 pour 100 de tungstène, considérés actuellement comme susceptibles de la plus grande puissance magnétique, sont tellement exposés à la fissuration, que souvent on renonce à les tremper à l'eau et que l'on se borne à employer pour eux la trempe à l'huile, qui ne permet pas

d'obtenir une aimantation aussi énergique. On nous a même assuré, dans un grand atelier de construction de téléphones, que plus du tiers des aciers au tungstène se fendaient à la trempe et que, pour éviter un si grand déchet, on avait dû recourir à d'autres aciers fabriqués en Angleterre, quoique inférieurs au point de vue de la force magnétique.

La trempe a d'ailleurs l'inconvénient de donner lieu souvent à une déformation des pièces, qu'il est presque impossible de corriger plus tard, à cause de l'extrême dureté de l'acier. La compression, au contraire, non seulement ne produit pas de fente dans les aciers les plus carburés ou les aciers au tungstène, mais, donnant au métal moins de dureté et d'aigreur, ne s'oppose pas à un travail mécanique ultérieur, tel que le limage ou même le forage de trous, s'il est nécessaire.

Aussi n'avons-nous pas été surpris d'apprendre, il y a peu de jours, que quelques constructeurs d'aimants, éclairés sur les qualités de l'acier comprimé, se montraient disposés à l'employer désormais. Nous avons d'ailleurs pu recueillir sur le même sujet les témoignages les plus favorables auprès de plusieurs hommes particulièrement compétents en matière d'applications du magnétisme, tels que M. Diny, directeur des ateliers Dumoulin-Froment, M. de Branville, constructeur d'appareils téléphoniques, et M. Gilquin, directeur de l'usine de la société générale des Téléphones. M. de Branville, par exemple, a pu nous dire qu'il avait employé, de préférence à d'autres, l'acier d'Allevard, comprimé par la méthode de M. Clémandot, pour la confection de plusieurs téléphones qui fonctionnent depuis dix-huit mois dans les salons du président de la République, à l'Élysée.

En résumé, l'invention de M. Clémandot nous paraît très digne d'encouragement. Il a montré que, concurremment à la trempe, un autre procédé pouvait être employé pour donner à l'acier l'homogénéité, la résistance, l'aptitude à l'aimantation, et que, par ce procédé, on pouvait éviter certains inconvénients inhérents à la trempe par immersion. Il a ouvert une voie nouvelle qui mérite d'être explorée avec soin.

M. Clémandot ne s'est pas trouvé jusqu'ici en situation de faire tous les essais qui auraient été désirables; mais on peut être assuré que, dès que l'industrie se sera emparée de son procédé, elle arrivera bien vite à en tirer parti et à délimiter le champ de ses applications possibles.

ÉPAISSEUR DE LA COUVERTURE DE COTON DES FILS DES DYNAMOS

M. *Uppenborn*, notre sympathique confrère de la *Centralblatt für Elektrotechnik* s'est préoccupé des règles qui doivent guider le constructeur dans la fabrication des fils qui entrent dans les machines dynamo-électriques. L'isolation de ces fils s'obtient d'une façon satisfaisante par une double couverture de fils de coton, et ultérieurement par une trempe convenable dans un vernis à l'alcool. Dans les dynamos bien construites, les spires placées les unes sous les autres ne présentent que de faibles différences de potentiels ; le rôle essentiel de l'isolant se résume donc à empêcher le contact des fils nus. La couche de coton ne doit donc pas être plus épaisse qu'il n'est strictement nécessaire pour éviter que le métal ne se découvre quand on fait subir au fil une flexion trop grande. Ce but est largement atteint, en adoptant les épaisseurs suivantes en millimètres pour les couches de coton relatives aux diamètres des fils correspondants :

DIAMÈTRE DES FILS NUS. — d.	DIAMÈTRE DES FILS COUVERTS. — $d + 2\delta$.	ÉPAISSEUR DE LA COUVERTURE. — 2δ.
millimètres.	millimètres.	millimètres.
1 et au-dessus.	1,5	0,5
2.	2,6	0,6
3.	3,6	0,6
4.	4,7	0,7
5.	5,8	0,8
6.	6,9	0,9
7.	7,9	0,9
8.	9,0	1,0
9.	10,1	1,1
10.	11,1	1,1

Ces chiffres correspondent aux résultats donnés par la formule :

$$2\delta = 0{,}43 + 0{,}07d,$$

en arrondissant les dixièmes de millimètre. N. T.

SUR LA GROSSEUR DES CONDUCTEURS
DANS L'ÉCLAIRAGE PAR INCANDESCENCE

La question de la grosseur la plus convenable à donner aux conducteurs dans l'éclairage par incandescence pour empêcher un trop grand échauffement sans cependant être conduit à une trop grande dépense a fait depuis un an l'objet de nombreuses discussions devant la *Society of Telegraph-Engineers and Electricians* de Londres. Chacun a signalé ses études et ses expériences, et proposé une petite formule. Comme la discussion ne parait pas encore terminée; nous attendrons, pour la résumer, que la question soit épuisée, mais comme les praticiens n'ont pas le temps d'attendre que les savants se soient mis d'accord, nous indiquerons ici la *règle pratique* donnée par M. *Andrew Jamieson* et appliquée couramment pour les installations d'éclairage à bord des navires et dans l'appareillage[1] des maisons. Il s'agit, bien entendu, de fils couverts et isolés. Voici la règle de M. A. Jamieson :

La section du conducteur ne devra jamais être moindre de 1 millième de pouce carré (0,645 millimètre carré), par ampère, et la résistance d'isolement de chaque circuit moindre de 1000 ohms par volt engendré par la machine génératrice.

A cette règle, et comme application M. Jamieson envoie aux entrepreneurs de l'appareillage la table suivante, dans laquelle se trouvent toutes calculées les grosseurs de conducteur correspondantes aux lampes ordinairement employées, c'est-à-dire les lampes Swan de 20 candles, demandant de 45 à 60 volts, et 1,5 à 1,1 ampère, et les lampes Edison de 16 candles, qui fonctionnent entre 90 et 110 volts, et 0,8 à 0,6 ampère.

Il est rare qu'à bord d'un navire ou dans une installation privée, le courant fourni par une seule dynamo dépasse 300 ampères, et comme plusieurs conducteurs partent de la machine et rayonnent dans les différentes parties du navire, le courant dans chacun de ces branchements dépasse rarement 100 ampères. Il en résulte que la section des fils varie peu, et généralement quatre grosseurs différentes suffisent pour toute l'installation. La règle donne toute sécurité au point de vue de l'isolement, et même dans les plus grands

[1] Les Anglais ont créé un mot expressif pour désigner l'opération qui consiste à poser les conducteurs de distribution d'une installation d'éclairage : c'est le mot *wiring* dérivé de *wire*, fil.

paquebots de première classe, la perte par échauffement dans les conducteurs ne dépasse pas *quatre pour cent* de l'énergie totale fournie par la machine.

TABLEAU DES DIMENSIONS DES CONDUCTEURS DANS L'ÉCLAIRAGE PAR INCANDESCENCE

(Les numéros se rapportent à la nouvelle jauge du *Board of Trade.*)

NOMBRE MAXIMUM DE LAMPES A ALIMENTER.	Lampes de 45 à 60 volts et de 1,5 à 1,1 ampère.		Lampes de 90 à 110 volts et de 0,8 à 0,6 ampère.	
	Conducteurs secondaires.		*Conducteurs secondaires.*	
1.	n° 18		n° 20	
2.	16		18	
3.	15		16	
10.	10		12	
	Conducteurs principaux.		*Conducteurs principaux.*	
20.	7 brins,	n° 15	7 brins,	n° 16
25.	9	15	7	16
45.	19	16	7	14
60 à 70.	19	14	19	16

Voici, à quels diamètres correspondent, en *mils* ou millièmes de pouce, et en millimètres, les numéros du tableau ci-dessus.

NUMÉROS.	DIAMÈTRES en *mils.*	DIAMÈTRES en millimètres.
10.	128	3,2
12.	104	2,6
14.	80	2,0
15.	72	1,8
16.	64	1,6
18.	48	1,2
20.	36	0,9

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Les sociétés savantes prennent aussi des vacances, si l'on en juge par les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences. Les deux numéros du 8 et du 15 septembre sont d'un vide désespérant et ne renferment

pas une seule communication ayant trait, directement ou indirectement, à l'électricité.

La même observation s'applique au dernier *Bulletin de la Société internationale des électriciens.*

Mais les vacances touchent à leur fin, et nous espérons que les prochaines livraisons nous dédommageront amplement de la pénurie de l'heure présente.

BIBLIOGRAPHIE

—

Das internationale ELEKTRISCHE MAASSSYSTEM *im zusammenhange mit anderen Maasssystemen*, par F. UPPENBORN, ingénieur, rédacteur des *Centralblattes für Elektrotechnik.* R. Oldenburg's Verlag à *Munich.*

Il nous semble difficile de présenter d'une façon plus claire et plus succincte l'exposition des unités électriques dont la connaissance est l'*initium sapientiæ* dans le domaine électrique.

Mentionnons parmi les unités mécaniques, *die Einheit des Effectes*, ou l'unité de ce que les Anglais appellent *the rate of doing work*, et de que ce nous pourrions désigner sous le nom de *taux* ou *vitesse du travail*, puisque c'est la quantité de travail divisée par le temps durant lequel elle a été produite.

Une petite observation cependant : M. Uppenborn a adopté comme symboles des unités fondamentales de longueur, de masse et de temps, les lettres C, G, S, qui rappellent le centimètre, le gramme et la seconde qui ont été choisis comme unités. Ces lettres symboliques qui facilitent l'intelligence des dimensions présentent cependant un inconvénient sur les letres L, M et T qui sont indépendantes des unités choisies, puisqu'elles ne signifient autre chose qu'unités de longueur, de masse et de temps.

A ce propos, qu'on nous permette de formuler un vœu. Il est à regretter que toutes les nations, ayant adopté le même système d'unités, ne se soient pas également entendues pour l'adoption universelle des mêmes lettres latines symbolisant les quantités de même nature. C'est ainsi que les Allemands désignent la résistance par W (*Widerstand*) tandis que nous avons adopté cette lettre pour représenter le travail (*Work*). Les Anglais, de leur côté, à qui nous avons fait maintes concessions, représentent encore l'intensité par C (*Current*), tandis que les Allemands la représentent comme nous par I. Il nous semble que les

électriciens qui, les premiers, ont compris l'utilité d'une langue scientifique universelle devraient, pour être conséquents avec eux-mêmes, s'entendre pour l'adoption générale des symboles, ce qui permettrait aux électriciens de toute nationalité de reconnaître au moins les formules des ouvrages étrangers, de suivre facilement leurs développements et de se familiariser même, grâce à cette mesure, lentement mais sûrement, avec les expressions équivalentes des divers idiomes étrangers. N. T.

FAITS DIVERS

Machine Edison-Hopkinson, type de 500 lampes. — On sait que, par des modifications de détail dans la construction et les proportions des machines Edison, M. Hopkinson est parvenu à diminuer considérablement le poids, le prix et les dimensions des types primitifs.

Le type actuel de 500 lampes A n'est ni plus lourd ni plus encombrant que l'ancien type de 250 lampes : il est donc probable que, dans un temps peu éloigné, les machines Edison de 1881 vont disparaître pour faire place aux machines Edison-Hopkinson type 1884.

Voici les principales conditions de fonctionnement de ces nouvelles machines.

Les inducteurs sont verticaux; leur hauteur au-dessus du socle ne dépasse pas 120 centimètres; la largeur totale du socle est de 65 centimètres, et la longueur de l'arbre de 185 centimètres.

La bobine a 25 centimètres de diamètre : à la vitesse normale de 820 tours par minute, elle fournit 350 ampères dans le circuit extérieur et 110 volts aux bornes.

La résistance intérieure de la bobine est de 0,0108 ohm, celle des inducteurs, excités en dérivation, 16,4 ohms.

Lorsqu'elle est à pleine charge, la puissance dépensée dans l'excitation est de 737 watts; celle dépensée dans la bobine est de 1374 watts; la puissance disponible est de 38 510 watts. Le rendement électrique est donc de 94,8 pour 100. La perte dans l'excitation est de 1,8 pour 100. La machine alimente 640 lampes Swan de 55 volts disposées en 320 dérivations de deux lampes en tension. Ces lampes dépensent 55 volts et 1,1 ampère, soit 60 watts; elles produisent une lumière de 20 candles, soit à raison de 3 watts par candle (les lampes à incandescence de 1881 exigeaient en moyenne 5 watts par candle, il y a donc déjà de sérieux progrès réalisés dans le rendement lumineux des lampes à incandescence depuis moins de trois ans).

En raison de la résistance intérieure, excessivement faible, la variation du potentiel aux bornes est elle-même extrêment faible, même pour une grande

variation dans le nombre des lampes allumées. Dans le cas où il serait indispensable d'obtenir une puissance lumineuse rigoureusement égale, il suffirait d'un petit nombre de résistances à introduire dans le circuit d'excitation pour obtenir le résultat demandé.

—

Les expériences de Creil. — Si l'on en croit le *Bulletin de la Compagnie internationale des téléphones*, les expériences de M. Marcel Deprez n'iraient pas aussi vite qu'on le désire, et ne pourraient avoir lieu que l'année prochaine, à une date encore indéterminée. A défaut d'autres renseignements, et pour répondre aux demandes qui nous sont faites, nous reproduisons ici l'article de notre confrère, en lui en laissant toute la responsabilité. Nous ferons observer cependant que *la Lumière électrique*, autrefois si avide de fournir la première tous les renseignements relatifs aux expériences de M. Marcel Deprez, garde, depuis quelque temps, un silence discret, ce qui semble donner quelque apparence de vérité aux assertions de l'article du *Bulletin de la Compagnie*, etc., dit *le P'tit bleu* dans l'intimité.

Voici l'article *in extenso :*

« Plus nous approchons de l'époque fixée pour les expériences de M. Marcel Deprez, plus il nous paraît douteux qu'elles puissent être de sitôt exécutées, en dépit de toutes les volontés. On pousse avec la plus grande activité, à Paris, les travaux d'installation des réceptrices de la gare du Nord, et, à Creil, le montage de l'atelier : mais l'essentiel manque encore, nous voulons parler des carcasses des machines, sans lesquelles il n'est pas d'expériences possibles. Quand les machines seront-elles prêtes? Les uns parlent de deux ou trois mois; les autres nous renvoient à la fin de l'année prochaine. Heureusement la maison Rothschild est assez solide pour prendre son mal en patience.

« Autre question : le conducteur de 110 kilomètres de long (aller et retour) sera-t-il isolé ou non? Avant la mort de M. Bontemps, la commission des expériences et le ministère des télégraphes avaient accepté le nu; mais depuis, les ingénieurs de l'État ont réfléchi, paraît-il, et, obéissant à un sentiment légitime de pudeur, ils demandent que le conducteur soit recouvert d'un isolant. Voilà qui complique singulièrement l'affaire : le fil nu est déjà assez gros : avec son enveloppe isolante, il va devenir un câble de plus d'un centimètre de diamètre et d'un poids respectable. Il ne faut donc pas songer à l'accrocher aux poteaux télégraphiques existants : et qui sait si, dans leur horreur du nu, les ingénieurs de l'État ne demanderont pas que le câble soit mis sous plomb? Oh! alors ce ne sera plus dans l'air, c'est sous terre qu'il faudra loger le conducteur, en pratiquant une tranchée le long de la voie du chemin de fer pour ne pas troubler les fils de manœuvre des disques et signaux. En attendant, la commande n'est pas encore donnée pour la fabrication du conducteur, isolé ou non.

« Ainsi se reconnaissent chaque jour les difficultés que présente l'exécution du programme de M. Marcel Deprez : en réfléchissant aux études préliminaires qu'il exige, on ne tarde pas à se convaincre que l'inventeur et ses amis

se sont fait quelques illusions, tout au moins sur le temps nécessaire à la préparation de leurs expériences. Nous espérons que le résultat nous dédommagera de cette attente. »

—

INAUGURATION DU SYSTÈME VAN RYSSELBERGHE (TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES PAR LES MÊMES FILS). — Le système de téléphonie à grande distance par les fils du télégraphe imaginé par M. F. Van Rysselberghe, vient d'être inauguré dans des conditions toute spéciales qui ne manquent pas d'originalité.

La commission de l'Exposition universelle d'Anvers ayant projeté d'établir une salle d'auditions téléphoniques musicales de façon à permettre l'été prochain au public d'entendre à Anvers la musique des concerts de nos principales villes et cela en utilisant les lignes télégraphiques, s'était adressée à M. Van Rysselberghe.

Un essai a eu lieu lundi, 1er septembre, et cet essai a dépassé toute attente. On pouvait, en effet, entendre de la station de Bruxelles-Nord et de la gare d'Anvers la musique du Vaux-Hall de Bruxelles.

Non seulement les morceaux d'ensemble étaient reproduits avec la plus grande clarté mais le solo de violon, exécuté par M. Hermann sur la méditation de Gounod, a pu être entendu à Anvers, sans qu'aucun détail de l'exécution ait pu échapper aux auditeurs. Il est à remarquer qu'en même temps qu'on entendait d'Anvers la musique de Bruxelles par les fils du télégraphe, ceux-ci n'étaient pas distraits de leur service ordinaire et continuaient à envoyer des dépêches dans tous les sens.

Six microphones avaient été fixés aux deux petites colonnes du kiosque du Waux-Hall, de façon à se trouver à la hauteur des instruments de musique. Ces transmetteurs à charbon du modèle imaginé par M. Van Rysselberghe, étaient tous montés en quantités et actionnés par un petit accumulateur Faure. Ces transmetteurs étaient reliés au bureau central de la Compagnie des téléphones.

De là le circuit était prolongé en double fil, pour éviter l'induction téléphonique, jusqu'à la station centrale des télégraphes de Bruxelles-Nord, et communiquait au bureau de M. le directeur Delarge, où on avait intercalé dans le circuit dix récepteurs Bell pour permettre d'entendre la musique du concert, tandis que celle-ci était transmise jusqu'à la station d'Anvers-Est.

Dans le bureau de M. Delarge, se trouvaient M. le ministre Vandenpeereboom, le personnel supérieur des télégraphes de l'État, ainsi que l'inventeur qui a été, à différentes reprises, chaleureusement félicité par ces hauts fonctionnaires qui inauguraient ainsi la téléphonie à longue distance, dont le service sera ouvert au public dans quelques jours.

A Anvers se trouvaient M. le professeur Rousseau, président du comité de l'électricité à l'Exposition universelle d'Anvers, plusieurs membres de la commission, MM. Van Gend, de Caters, Van Bellinghen et de Brown de Liège, administrateurs de la compagnie Bell, le lieutenant Lemière de la télégraphie militaire d'Anvers, M. Charles Mourlon, directeur des ateliers dans lesquels ont été construits tous les appareils du système Van Rysselberghe, et enfin

M. l'ingénieur Bertin, chargé de l'organisation des experts, et en outre de la direction des installations nécessaires à l'appropriation générale du réseau télégraphique belge à la téléphonie.

Plusieurs membres de la presse anversoise assistaient également à ces auditions téléphoniques, et tous ont envoyé par téléphone à Bruxelles leurs félicitations à l'inventeur.

À la demande de M. le ministre des chemins de fer, postes et télégraphes, les expériences ont été répétées toujours avec le même succès le lendemain mardi 2 septembre, en présence de tous ses collègues de cabinet : MM. Beernaert, de Moreau, de Jacobs, Woeste et le général Pontus. Tous les ministres ont pu constater le beau succès obtenu par la méthode de M. Van Rysselberghe et ont exprimé à celui-ci toute leur satisfaction.

Enfin grâce à l'obligeance de MM. Stoumon et Calabresi, M. Van Rysselberghe vient de prendre les dispositions nécessaires pour permettre à LL. MM. le Roi et la Reine d'entendre, d'entendre de leur chalet d'Ostende, les opéras exécutés sur notre première scène lyrique.

Et cela toujours par les fils du télégraphe, car il est à remarquer que c'est cela qui en fait la nouveauté. Ce n'est pas la première fois que le téléphone est utilisé pour la transmission au loin de concerts, de discours, etc. Mais ici il n'y a pas le moindre fil conducteur à placer, tout se fait par les fils du télégraphe et sans devoir interrompre le service de celui-ci.

Le télégraphiste ne s'aperçoit pas du fonctionnement du téléphone, le téléphoniste ne s'aperçoit pas du travail du télégraphe; les deux services sont entièrement distincts.

Les expériences qui viennent d'être relatées inaugurent pour la téléphonie à grande distance une ère nouvelle, et nous sommes heureux de constater que c'est dans notre pays que cette belle invention a vu le jour.

(*Moniteur belge*).

—

La mesure des températures a distance. — Dans le *Bulletin de l'Académie des sciences de Saint-Pétersbourg*, le docteur Lenz décrit une nouvelle application du téléphone pour la mesure des températures à distance. Supposons deux stations A et B réunies par deux fils, l'un de fer, l'autre d'argent, soudés aux deux extrémités; si la soudure de A est à une température différente de celle de B, un courant thermo-électrique circulera à travers ces fils. Un interrupteur et un téléphone étant introduits dans le circuit, le téléphone parlera jusqu'au moment où l'observateur placé en B aura élevé ou abaissé la température de sa soudure jusqu'à la rendre identique à celle de A, et alors il n'y aura plus de courant. L'exactitude de cette méthode dépend de la précision avec laquelle on peut déterminer le moment où le téléphone cesse de parler, car une certaine résonnance subsiste encore après l'égalisation des températures aux deux extrémités de l'appareil. Dans une première série d'expériences, les stations A et B étant seulement distantes d'un mètre, le docteur Lenz détermina les températures avec une précision très-grande : es erreurs variaient de 0°,01 à 0°,17. Il en conclut que, par l'usage de fils de

fer et d'argent de 2 millimètres d'épaisseur, les mesures pourraient être faites à 5 kilomètres, et que cette distance pourrait atteindre 25 kilomètres, si l'on employait des fils de bismuth et d'antimoine.

—

Correction des horloges a l'aide du téléphone. — Un chronomètre de marine est placé dans une armoire parallélipipédique, de 0m,21 de largeur, 0m,31 de profondeur et 0m,28 de hauteur, fixée à un des murs de l'observatoire magnétique. Le couvercle et deux faces opposées du parallélipipède sont formés par des glaces qui donnent une bonne résonnance. Le microphone se trouve contre la porte qui fait face au mur et permet de percevoir les battements du chronomètre plus distinctement encore que si on l'appuyait contre l'oreille. Le chronomètre bat la demi-seconde et est réglé d'après le temps moyen, tandis que l'horloge bat la seconde et indique l'heure astronomique. L'intervalle qui par suite sépare deux coïncidences est de trois minutes deux secondes et demie de temps moyen ou trois secondes de temps astronomique. L'observateur perçoit au travers du couvercle l'heure indiquée par le cadran, les battements du chronomètre et de l'horloge astronomique. La correction se fait donc en se basant sur l'intervalle existant entre deux coïncidences. Des expériences assidues et quotidiennes ont montré que les irrégularités du chronomètre sont beaucoup plus importantes que les erreurs probables causées par le retard dû à la transmission téléphonique.

(*Centralblatt für Elektrotechnik.*)

Chemin de fer électrique a plan incliné. — On a projeté de réunir par voie ferrée l'hôtel des Alpes à Chillon avec l'hôtel de Mont-Fleury, qui se trouve situé directement au-dessus sur la pente abrupte de la montagne, à une distance verticale de 180 mètres. Quelques essais préliminaires ont été faits dernièrement sur une rampe de 30 pour 100, avec une voie de 0m,50 sur une largeur de 50 mètres. Entre les rails se trouve une forte longrine armée d'une crémaillère. La voiture porte une dynamo qui actionne une roue dentée engrenant avec la crémaillère. Un frein ordinaire et un frein électrique permettent au conducteur de modérer la vitesse à son gré. Lors de ces essais la dynamo de 5 chevaux de force était actionnée par une locomobile, mais le projet a prévu comme moteur une turbine pour laquelle on a de l'eau en abondance. Le transport du courant se fait avec des câbles en cuivre situés entre les rails, le long de la longrine et contre lesquels viennent frotter les collecteurs de la dynamo. Le wagon contient deux, trois et même quatre personnes, et pèse de 300 à 500 kilogrammes, sa vitesse est de 1 à 2 mètres par seconde.

(*Centralblatt für Elektrotechnik.*)

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9813. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

SUR LES ÉLECTRO-DYNAMOMÈTRES

L'emploi des courants alternatifs devient chaque jour plus fréquent dans les applications. La possibilité de s'en servir pour l'éclairage à incandescence, sans que, jusqu'à présent du moins, la durée des lampes paraisse sensiblement diminuée comme on l'avait craint à l'origine, ne pourra manquer d'étendre encore l'utilisation de cette forme de l'énergie électrique. Il n'est donc pas sans intérêt d'examiner les divers procédés de mesure applicables à ces courants et qui ne laissent pas que de présenter un certain nombre de difficultés nouvelles.

Trois méthodes principales ont été mises en usage pour l'évaluation des intensités électriques ou des différences de potentiel variant suivant une loi périodique.

La méthode calorimétrique, sur laquelle nous n'entrerons dans aucuns détails. Elle exige, pour fournir des résultats comparables, un ensemble de précautions qui la rendrait d'un emploi difficile dans la pratique. Il est utile néanmoins de mentionner ce procédé d'observation, d'ailleurs théoriquement irréprochable, car nous lui devons un des premiers travaux qui aient jeté quelque jour sur le fonctionnement des machines à courant alternatif : celui de MM. Jamin et Roger.

La méthode électrométrique, imaginée par M. Joubert et dont M. Potier a fait connaître une forme rapide donnant le travail électrique entre deux points, est de toutes la plus exacte, et c'est à elle qu'il faut s'en référer nécessairement si l'on veut éviter de laisser planer aucun doute sur les résultats; il est probable d'ailleurs que les études des constructeurs finiront par doter les ateliers d'un électromètre moins sensible que l'instrument des laboratoires, mais d'un maniement plus aisé : quelques tentatives ont déjà été faites dans ce sens.

Malgré cela, l'instrument le plus employé, et même presque le seul employé par l'indutrie actuelle, est l'électro-dynamomètre. Cet appareil, quelle que soit la forme qu'on lui donne, est d'ail-

leurs entièrement convenable pour l'évaluation des intensités, lorsqu'elles atteignent une valeur un peu considérable. L'action mécanique entre le circuit fixe et le circuit mobile dont tous les électro-dynamomètres se composent est alors suffisamment énergique, et l'on peut aisément la mesurer ou l'équilibrer *sans employer des circuits d'un grand nombre de tours.*

Or c'est là, comme nous allons le voir, la condition essentielle pour que l'on obtienne des résultats comparables dans les divers cas.

Si l'on veut au contraire se servir de l'électro-dynamomètre comme d'un véritable voltmètre pour mesurer la différence de potentiel moyenne entre deux points, il faut alors avoir recours à un appareil de grande résistance, afin que le courant qui le traverse ne modifie pas d'une façon sensible les niveaux électriques des bornes d'attache. Si cette grande résistance est obtenue en diminuant la section du fil, sans changer la forme des enroulements d'un électro-dynamomètre d'intensité, le courant qui traverse l'appareil devient extrêmement faible, et l'action mécanique, qui varie *comme le carré de ce courant*, cesse bientôt d'être perceptible pour un nombre entier de volts appliqués aux bornes. On peut, il est vrai, augmenter la résistance d'un instrument d'une autre manière : en faisant croître le nombre des tours, ce qui multiplie évidemment l'action électro-dynamique ; mais on tombe alors sur un autre inconvénient qui peut devenir gênant dans bien des applications : le coefficient de self-induction de l'électro-dynamomètre augmente dans une proportion considérable, et il ne peut plus servir à comparer que des variations de potentiel de même période et de même forme. Avant d'aller plus loin, il est nécessaire de rappeler les notions acquises sur ce sujet.

On sait que lorsqu'un circuit enroulé sur lui-même est soumis à l'action d'une force électromotrice variant d'une manière périodique, l'intensité moyenne du courant qui traverse alors ce circuit ne dépend plus seulement de sa résistance, mais aussi, et dans une mesure considérable, du coefficient de self-induction. M. Joubert, dans sa remarquable étude sur les machines à courant alternatif, a donné l'expression de cette intensité moyenne

pour le cas où la loi de variation de la force électromotrice est représentée par une fonction circulaire et de la forme

$$\varepsilon = e \sin 2\pi \frac{t}{T};$$

en ce cas l'intensité moyenne indiquée par l'électromètre, l'électro-dynamomètre ou le calorimètre, c'est-à-dire la racine carrée de la valeur moyenne du carré de l'intensité $\left[\frac{\int_0^T i^2\,dt}{T}\right]^{\frac{1}{2}}$, est donnée par la formule

$$I = \frac{\frac{e}{\sqrt{2}}}{\left[R^2 + \frac{4\pi^2 U^2}{T^2}\right]^{\frac{1}{2}}}.$$

R étant la résistance du circuit, U son coefficient de self-induction, si donc $e \sin 2\pi \frac{t}{T}$ représente la variation périodique inconnue du potentiel entre deux points, et si pour étudier cette grandeur on branche sur ces deux points un électro-dynamomètre à grande résistance, la déviation observée ne fournira pas une valeur proportionnelle à e, mais bien à une fonction de e et de T; on ne pourra donc comparer ainsi que les amplitudes des variations de même période.

Si cependant le coefficient de self-induction U de l'électro-dynamomètre est très petit par rapport à sa résistance R, à plus forte raison le carré de U pourra être négligé devant le carré de R et la formule ci-dessus se réduira à $I = \frac{e}{R\sqrt{2}}$, avec une erreur dépendant de la valeur du rapport $\frac{U}{R}$; en ce cas l'appareil permettrait de comparer directement, comme l'électromètre, des variations de potentiel de périodes variables et différentes les unes des autres.

La principale difficulté à vaincre dans la construction d'un électro-dynamomètre à grande résistance est donc d'augmenter cette résistance, sans faire croître *dans le même rapport* le coef-

ficient de self-induction et sans diminuer trop la sensibilité (sans quoi il suffirait d'ajouter des résistances sans induction en dehors de l'appareil).

Le moyen qui se présente le plus naturellement à l'esprit pour arriver à ce résultat consiste à composer l'enroulement de deux parties symétriques que le courant parcourt dans des directions opposées. On peut ainsi composer un ensemble se rapprochant, au point de vue de la self-induction, des bobines des boîtes de résistance ordinaires dans lesquelles cette action est extrêmement réduite par emploi d'un fil doublé sur lui-même.

Supposons par exemple qu'un électro-dynamomètre soit composé de deux disques plats recouverts de fil fin en spirale et très rapprochés l'un de l'autre[1], en tout semblables à ceux que l'on emploie dans les cours pour constater les courants induits de divers ordres ou de Henry. Si les deux spirales sont traversées en sens contraire par un même courant, le coefficient de self-induction de l'ensemble sera très faible, et cependant l'action mécanique répulsive des deux disques pourra être assez énergique pour qu'on la mesure par la torsion d'un ressort ou de toute autre manière.

Au lieu de mesurer l'action des deux disques l'un sur l'autre, on pourra interposer dans le faible espace qui les sépare un enroulement léger ou une pièce de fer doux de faible inertie magnétique, dont on étudiera la déviation. Ce second procédé sera même préférable lorsque les enroulements des deux disques prendront un volume et un poids qui rendraient la suspension de l'un deux difficile à réaliser.

Au lieu de deux disques on peut se contenter, pour plus de facilité dans la construction, de deux bobines plates, très rapprochées l'un de l'autre, et dans l'évidement desquelles il est alors facile de suspendre un système quelconque.

Le point important est d'apprécier l'ordre de l'erreur que l'on commet en négligeant dans un pareil système le rapport ou, si l'on veut, le carré du rapport du coefficient de self-induction à la résistance. On se rendrait évidemment compte de l'importance de cette erreur en comparant des mesures faites par l'in-

[1] Cet appareil existe, c'est la balance électro-dynamique de M. Lallemant.

strument avec celles que donne l'électromètre dans les mêmes conditions; mais il faudrait pour cela avoir à sa disposition un courant alternatif de l'espèce indiquée. Nous avons employé une autre méthode, aisée à mettre en pratique avec les instruments dont on dispose le plus ordinairement dans les laboratoires. Cette méthode consiste à mesurer le rapport du coefficient de self-induction à la résistance par le procédé indiqué dans le *Traité* de Clerk Maxwell (t. II, p. 377) pour un autre but. On sait que lorsqu'une bobine, placée dans un pont de Wheatstone, est équilibrée à la manière ordinaire par des résistances sans induction, le galvanomètre recommence à dévier si on lance le courant dans l'ensenble du pont en même temps que dans la diagonale où il est intercalé. Cette action, due évidemment à la self-induction de la bobine, peut être annulée en ajoutant au bras du pont opposé à la bobine un condensateur de capacité variable. Lorsque l'équilibre est établi, on a, si U désigne le coefficient de self-induction de la bobine, R sa résistance, r celle du bras opposé du pont, C la capacité du condensateur :

$$U = RrC \quad \text{ou} \quad \frac{U}{R} = rC.$$

Pour étudier différentes dispositions de bobines d'électro-dynamomètre, on pourra donc simplement les intercaler dans un pont ainsi disposé et, en laissant par exemple la résistance r constante, comparer les diverses capacités qu'il faut donner au conducteur pour arriver à l'équilibre. Les valeurs du rapport $\frac{U}{R}$ ainsi trouvées permettent, pour des périodes de variation T connues, d'assigner une limite à l'erreur.

Ces valeurs de $\frac{U}{R}$ sont homogènes à des durées de temps, puisque les dimensions de U sont[1] représentées par L, celles de R par LT^{-1}; on peut vérifier d'ailleurs que la formule $\frac{U}{R} = rC$ donne aussi dans le second nombre T, r ayant toujours LT^{-1} et C, $L^{-1}T^2$ pour dimensions.

[1] *Voy.* dans le dernier numéro l'article de M. Hospitalier, p. 258.

Il n'est peut-être pas inutile d'interpréter le sens de cette durée que représente le coefficient $\frac{U}{R}$; les résultats deviennent ainsi plus clairs et plus faciles à retenir. On le peut aisément en se reportant à l'équation qui donne la quantité d'électricité d'un extra-courant correspondant à un courant primaire d'intensité I :

$$R\Delta Q = Ui \quad \text{ou} \quad \Delta Q = \frac{U}{R} i.$$

L tient $\frac{U}{R}$ est donc le facteur par lequel il faut multiplier l'intensité d'un courant quelconque passant dans la bobine donnée, pour obtenir la quantité totale d'électricité qui traverse le fil dans la période de l'extra-courant, c'est *le temps* pendant lequel ce courant devrait circuler dans la bobine pour fournir la même somme d'électricité que le coup de fouet final. La considération de ce temps τ, ou du rapport $\frac{U}{R}$ est, dans la plupart des problèmes d'applications, plus commode et plus claire que celle de la longueur assez difficile à interpréter que représente U.

Dans le cas qui nous occupe, il suffit de comparer ce temps τ, généralement une petite fraction de seconde, au temps T de la période des variations de potentiel; le carré du rapport de ces deux temps sera de l'ordre de l'erreur.

La formule τ ou $\frac{U}{R} = rC$ ne donne, bien entendu, τ en secondes ou fractions de seconde, que si r et C sont exprimés en unités C.G.S. Les instruments usuels sont gradués en ohms et en microfarads, ce qui divise r par 10^9 et multiplie C par 10^{15}; le produit rC est donc multipliée par 10^6 : il faudra le diviser par ce facteur pour avoir τ en secondes. G. CHAPERON.

[1] Déduite de l'équation classique de Helmholtz :

$$E = Ri + U\frac{di}{dt},$$

si l'on fait $E = Ridt = Udi$ en intégrant pendant la courte période où i varie de son intensité de régime i à 0, et appelant ΔQ la quantité totale d'électricité $\int idt$ qui passe alors dans le fil :

$$R\Delta Q = Ui.$$

(*Voy.* pour plus de détails le *Traité* de Mascart et Joubert, p. 581.)

MÉTHODE

POUR MESURER LA PERTE DE CHARGE
D'UN CABLE AU GALVANOMÈTRE

On se propose de suivre la perte de charge d'un câble au moyen du galvanomètre sans être obligé de recharger le câble pour chaque expérience.

On a pour cela une disposition de clefs permettant :

1° De charger le câble ;

2° D'isoler le câble ;

3° De mettre le câble en communication avec un condensateur

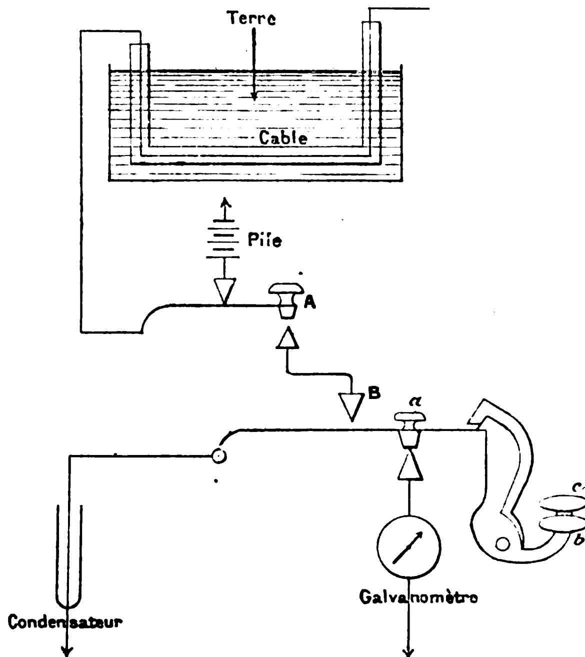


Fig. 1.

4° De décharger le condensateur à travers un galvanomètre en laissant le câble isolé (fig. 1).

La clef A permet de mettre le câble en communication soit avec la pile, soit avec la clef B.

La clef B permet :

En appuyant sur a, de décharger le condensateur à travers le galvanomètre ;

En appuyant sur b, d'isoler le câble et le condensateur;

En appuyant sur c, de mettre le condensateur en communication avec le galvanomètre.

La méthode n'est applicable qu'à de longs câbles et en faisant usage d'un condensateur de faible capacité.

Soient : E_0 le potentiel initial du câble;

C sa capacité;

C′ celle du condensateur.

Dès qu'on établit la communication du câble au condensateur, le potentiel du câble diminue et devient

$$E_0' = \frac{E_0 C}{C + C'}$$

dans le câble et dans le condensateur.

On décharge alors le condensateur à travers le galvanomètre, en laissant le câble isolé, et l'on observe une impulsion q_0 correspondant à la charge $E_0' c'$.

On répète cette expérience autant de fois que l'on veut aux temps t_1, t_2, $t_3 \ldots$, t_n, et on note les impulsions :

$$q_0, q_1, q_2, q_3 \ldots, q_n.$$

Si l'on avait, sans l'intermédiaire du condensateur, déchargé le câble à travers le galvanomètre aux temps :

$$t_0, t_1, t_2, t_3 \ldots, t_n,$$

en recommençant chaque fois la charge du câble, on aurait obtenu les impulsions :

$$P_0, P_1, P_2, P_3 \ldots, P_n,$$

qui donnent la vraie valeur de la charge du câble aux instants correspondants.

Or, je me propose de calculer ces impulsions :

$$P_0, P_1, P_2..., P_n,$$

en fonction des impulsions observées :

$$q_0, q_1, q_2..., q_n.$$

Représentons, par la courbe logarithmique (fig. 2) $P_0..., P_n$,

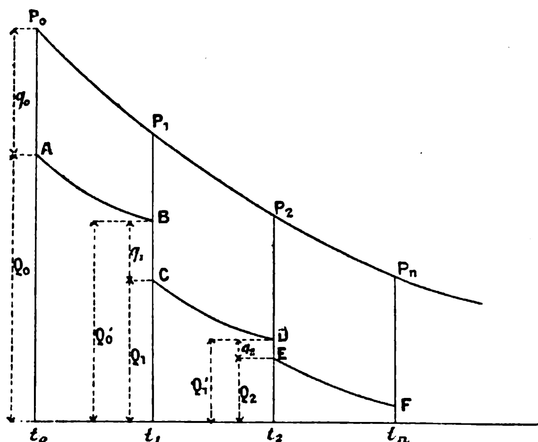


Fig. 2.

la perte de charge naturelle du câble et, par les segments de courbe AB, CD, EF, etc., les pertes de charge qui ont lieu entre deux expériences consécutives.

Soient maintenant $Q'_0, Q'_1, Q'_2..., Q'_n$, les charges restant dans le câble après chaque période d'isolation.

A chaque communication avec le condensateur ces charges se répartissent ainsi qu'il suit : 1° Dans le condensateur :

$$\left.\begin{aligned} q_0 &= P_0\frac{C'}{C + C'} \\ q_1 &= Q'_0\frac{C'}{C + C'} \\ q_2 &= Q'_1\frac{C'}{C + C'} \\ &\ldots\ldots\ldots \\ q_n &= Q'_{n-1}\frac{C'}{C + C'} \end{aligned}\right\} \qquad (a)$$

2° Dans le câble :

$$\left.\begin{array}{l} Q_0 = P_0 \dfrac{C}{C + C'} \\ Q_1 = Q'_0 \dfrac{C}{C + C'} \\ Q_2 = Q'_1 \dfrac{C}{C + C'} \\ \ldots\ldots\ldots \\ Q_n = Q'_{n-1} \dfrac{C}{C + C'} \end{array}\right\} \quad (b)$$

Enfin on sait qu'un câble, dans un intervalle de temps déterminé, perd toujours une même fraction de sa charge, quelle que soit du reste cette charge.

On a donc pour un intervalle quelconque :

$$Q'_{n-1} = \frac{1}{N} Q_{n-1}$$

$$P_n = \frac{1}{N} P_{n-1}.$$

Ce qui permet d'écrire les relations suivantes :

$$\left.\begin{array}{ll} \dfrac{P_0}{P_1} = \dfrac{Q_0}{Q'_0} & (\alpha) \\ \dfrac{P_1}{P_1} = \dfrac{Q_1}{Q'_1} & (\beta) \\ \ldots\ldots\ldots & \\ \dfrac{P_{n-1}}{P_n} = \dfrac{Q_{n-1}}{Q'_{n-1}} & (\gamma) \end{array}\right\} \quad (c)$$

En combinant entre elles ces 3 séries d'équations, on arrive successivement aux équations suivantes, qui résolvent le problème :

$$P_0 = q_0 \frac{C}{C'} \left(\frac{C + C'}{C} \right)$$

$$P_1 = q_1 \frac{C}{C'} \left(\frac{C + C'}{C} \right)^2$$

$$P_2 = q_2 \frac{C}{C'} \left(\frac{C + C'}{C} \right)^3$$

. . . .

$$P_n = q_n \frac{C}{C'} \left(\frac{C + C'}{C} \right)^{n+1}.$$

Dans ces formules n est le rang de l'expérience diminué d'une unité.

Il est facile de voir, maintenant que la formule de l'isolement par la perte de charge devient :

$$I = \frac{0{,}30103 \times t}{F \log \frac{q_0}{q_n} \left(\frac{C}{C + C'} \right)^n}$$

t étant l'intervalle de temps en minutes qui s'est écoulé entre la première et la dernière expérience, F la capacité du câble.

Cette méthode peut être employée avec avantage pour suivre la perte de charge d'un câble, toutes les fois qu'on ne peut pas faire usage d'un électromètre.

DONALD MAC-NAB,
Ingénieur des Arts et Manufactures.

LES GÉNÉRATEURS SECONDAIRES

DE MM. GAULARD ET GIBBS

Il se fait quelque bruit en ce moment sur de nouvelles expériences d'éclairage électrique réalisées par MM. Gaulard et Gibbs à l'aide de leurs transformateurs établis entre Lanzo et Turin, sur une distance de 40 kilomètres et un circuit total de 80 kilomètres.

Nous nous abstiendrons, jusqu'à nouvel ordre, d'apprécier les résultats obtenus dans ces expériences, les renseignements fournis à leur sujet par M. Tresca à l'Académie des sciences (voy. page 376) étant absolument vagues et insuffisants.

E. H.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES

PAR LES MÊMES FILS

SYSTÈME F. VAN RYSSELBERGHE

I

Dès le début de la téléphonie on ne tarda pas à comprendre combien cette admirable invention pourrait rendre de services au commerce et à l'industrie si l'on parvenait à établir des communications téléphoniques à grandes distances, de ville à ville, de pays à pays. On songea naturellement à utiliser les poteaux télégraphiques en plaçant sur ceux-ci, pour l'essai du téléphone, un fil parallèle à ceux du télégraphe. Mais immédiatement on se trouva en présence d'un obstacle énorme, *l'induction*, qui se traduit dans le téléphone par des bruits intenses : un crépitement continuel, des éclats pénibles à l'oreille, quelque chose d'indéfinissable qu'on désigne parfois sous le nom de *friture* téléphonique.

Ces bruits, qui couvrent la voix et rendent toute communication impossible, proviennent de l'ensemble des signaux télégraphiques transmis par les fils voisins de celui que l'on emploie pour l'expérience. C'est un effet d'influence réciproque qu'exercent les uns sur les autres tous conducteurs parallèles soumis à des variations de courants électriques.

Toutes les fois que l'état électrique d'un fil change — et il change brusquement à chaque émission ou extinction de courant, — tout fil parallèle en éprouve le contrecoup et se trouve parcouru par un courant momentané qui possède beaucoup d'énergie, mais qui ne dure qu'un instant. C'est cette réaction brusque, ce *courant induit* qui vient secouer la plaque vibrante du téléphone et lui fait rendre le son aigu et perçant d'un coup sec.

Tous les signaux télégraphiques transmis se répercutent ainsi dans le téléphone, et les bruits qui se font entendre sur un fil quelconque ont leurs échos sur les fils parallèles et voisins.

Tout fil, en pénétrant sur un territoire donné, amène avec lui et répand, sur le réseau auquel il vient se mêler, les bruits lointains des télégrammes échangés, non seulement dans son pays d'origine, mais dans tous ceux qu'il a successivement traversés ; ces échos réunis

forment un bruissement qui rappelle vaguement celui de la mer aux jours de tempête et d'orage.

Tel est le grave obstacle qui, dès le début, s'est opposé à l'établissement de communications téléphoniques à grande distance. Mais si déjà ces bruits se répercutent avec cette intensité sur un fil qui se trouve dans le voisinage des fils télégraphiques, que sera-ce si l'on installe un téléphone sur les fils mêmes du télégraphe? Pouvait-on songer à supprimer le vacarme qui se produisait alors et qui était vraiment assourdissant?

Néanmoins, tel est le problème que M. Van Rysselberghe a eu l'audace de se poser et qu'il est parvenu à résoudre. Nous disons l'audace, car les difficultés de la question n'étaient pas seulement grandes, elles étaient nombreuses.

Admettons que l'on se rende maître de l'induction, comment pourra-t-on maintenir le secret de la correspondance télégraphique? Il ne suffira pas de rendre celle-ci *inaudible*, il faudra empêcher que le téléphone ne puisse en aucune façon intercepter les télégrammes transmis par le fil auquel il sera relié. De plus, comment empêcher que le téléphoniste, tenant le fil télégraphique en sa possession, n'ait la faculté d'y lancer des courants, de l'isoler, de le mettre sur terre, etc.?

Comment empêcher que ces manœuvres malveillantes ou inconscientes ne puissent jamais troubler le télégraphe; en un mot, comment assurer l'indépendance mutuelle des deux services?

Que d'autres aient eu la même idée, qu'ils se soient posé le même problème, avant ou après M. Van Rysselberghe, c'est possible, c'est même certain ; mais il est incontestable que lui seul a résolu le problème tel qu'il vient d'être posé, c'est-à-dire tel qu'il le fallait pour que la solution soit applicable. Et malgré tout le retentissement que la découverte du jeune savant belge a eu dans le monde de l'électricité comme dans celui des affaires, on n'a pas trouvé jusqu'à présent d'autre solution que la sienne[1].

On ne pouvait d'ailleurs imaginer rien de plus simple.

II

Tout le système de M. Van Rysselberghe repose sur le fait suivant

[1] Pour couper court à certaines réclamations de priorité qui pourraient se produire, il suffira d'indiquer que *les premiers brevets belges* de M. F. van Rysselberghe, ceux qui contiennent les principes de l'invention, datent du 20 février 1882 et des 11 et 17 mai de la même année, tandis que le brevet général, pris à la maturité de toutes les questions de détail, est du 16 novembre 1883.

découvert par lui : *Lorsqu'on enlève la brusquerie des émissions et des extinctions de courants, ceux-ci deviennent inaudibles au téléphone.*

Aux courants brusques il substitue pour le télégraphe des *courants graduels*, c'est-à-dire des courants qui vont crescendo en commençant et decrescendo en finissant. Cette graduation, qui a lieu dans une durée inappréciable, s'obtient par l'intercalation dans le circuit de petits électro-aimants *graduateurs*, ou encore en mettant sur la ligne des condensateurs faisant l'office de *dérivateurs*, ou, enfin, si l'on veut obtenir des résultats plus parfaits, en combinant des électro-aimants avec des condensateurs.

Condensateurs et électro-aimants agissent ici comme réservoirs, absorbant une certaine quantité d'électricité, quantité qu'ils restituent à la rupture du circuit[1].

Pour bien comprendre le fonctionnement de ces appareils, servons-nous d'une comparaison donnée par l'inventeur :

« Ces électro-aimants et ces condensateurs sont à l'égard des cou-
« rants électriques ce que sont les réservoirs à air dans les pompes
« à incendie ; ce sont des poches qui se remplissent et qui se vident
« graduellement, enlevant ainsi toute brusquerie dans les changements
« de pression électrique. »

Sous l'influence de courants gradués de cette façon, la membrane du téléphone fléchit bien encore, *mais elle ne vibre plus :* dès lors, elle ne donne plus de son au passage du courant télégraphique.

En d'autres termes, les courants télégraphiques deviennent complètement silencieux, inaudibles, qu'ils soient directs, induits ou dérivés.

Dès lors que l'on applique, *d'une manière générale*, à tous les télégraphes de l'Europe cette combinaison d'un condensateur avec électro-aimant qui forme la caractéristique de l'invention de M. Van Rysselberghe, et, à l'instant, tout le réseau européen deviendra silencieux. Alors on pourra non seulement organiser la téléphonie de ville à ville par des fils attachés aux mêmes poteaux que les fils télégra-

[1] « *Un électro-aimant* est une bobine de fil métallique avec noyau en fer doux. « Lorsqu'un courant commence à circuler dans une bobine ainsi construite, le noyau « en fer s'aimante graduellement, d'où absorption graduelle d'une certaine quantité « d'énergie électrique ; au contraire, lorsque le courant cesse dans cette bobine, le « noyau se désaimante graduellement, d'où restitution graduelle de l'énergie absorbée « au commencement du courant. »

« *Un condensateur* est formé par la superposition alternative de feuilles de papier « et d'étain réunies de façon que l'ensemble constitue deux grandes surfaces métal- « liques séparées simplement par une couche mince de matière isolante. L'une de « ces surfaces étant mise en communication avec une ligne télégraphique, l'autre « étant reliée à la terre, à chaque émission d'électricité sur le fil le condensateur « en absorbe graduellement une certaine quantité, quantité qu'il restitue graduelle- « ment lorsque l'émission cesse. » (Note de l'inventeur.)

phiques, mais utiliser ceux-ci eux-mêmes pour la téléphonie. Ceci, bien entendu, en complétant le système anti-inducteur par un dispositif qui assure l'indépendance des deux services; en d'autres termes, en établissant entre la ligne télégraphique et l'embranchement téléphonique une séparation telle qu'elle livre passage aux courants rapides ondulatoires et peu intenses de la téléphonie, mais qu'elle barre le passage aux courants du télégraphe qui sont de nature essentiellement différente.

Cette séparation, c'est encore par une comparaison émanée de l'inventeur que nous tâcherons d'en rendre compte. « Ainsi, a dit « M. Van Rysselberghe, le soleil nous envoie simultanément de la « chaleur et de la lumière, deux mouvements vibratoires qui affectent « nos sens de manière différente. Or, que l'on couvre d'une couche « de peinture noire le vitrage d'une serre exposée au soleil, la lumière « ne passera plus, mais la chaleur passera toujours. D'autre part, « qu'on reçoive un rayon solaire sur une solution d'alun, cette fois, « c'est la lumière qui passe tandis que la chaleur est absorbée. »

De même, il suffit d'un condensateur de faible capacité pour barrer le passage aux courants du télégraphe tout en transmettant intégralement les courants ondulatoires de la téléphonie.

On voit que le système de M. Van Rysselberghe est surtout remarquable par sa grande simplicité. Il est vrai que, même pour une seule communication téléphonique à établir, ne fût-ce qu'à titre expérimental, il exige, à la rigueur, l'appropriation générale de tout le réseau télégraphique.

Par contre, cette appropriation générale étant faite, tous les fils du télégraphe deviennent simultanément disponibles pour la téléphonie.

L'opportunité du système Van Rysselberghe est d'autant plus grande que tout service téléphonique, *pour être parfait*, nécessite, pour un nombre donné de communications à établir, deux fois plus de fils que n'en exigerait le télégraphe.

En effet, un réseau parfait exige pour chaque communication verbale un circuit métallique complet avec un fil de retour, et cela à cause de l'induction téléphonique que l'on constate dans tous les réseaux à fil simple et qui ne peut être combattue efficacement que par l'emploi du double fil. Pour compléter sa méthode, M. Van Rysselberghe avait donc à imaginer un dispositif qui permît l'accouplement de deux fils télégraphiques, de telle façon que tout en restant distincts au point de vue du télégraphe et tout en fournissant à celui-ci deux communications indépendantes, les deux fils ne formassent pourtant qu'un seul circuit téléphonique complet. En outre, le double fil ne détruit com-

plètement les effets de l'induction téléphonique qu'à la condition de former par rapport à l'ensemble de tous les autres fils un système absolument symétrique, et cette condition théorique étant rarement satisfaite dans l'état actuel des réseaux, le dispositif à imaginer devait remédier à ces défauts de symétrie.

Nous allons, par les deux figures qui suivent, donner une idée générale du système :

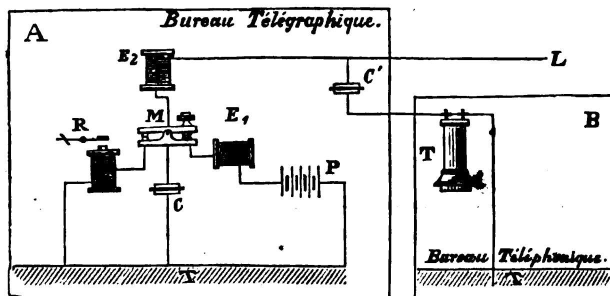


Fig. 1. — Bureau télégraphique et bureau téléphonique avec un fil commun. (Retour par la terre pour les deux.)

M figure le manipulateur et R le récepteur d'un appareil télégraphique quelconque, P la pile ; E_1 et E_2 sont deux électro-aimants graduateurs placés, le premier entre la pile et le manipulateur, le second entre le manipulateur et la ligne L, enfin C est un condensateur-graduateur placé en dérivation sur la ligne entre les deux électro-aimants.

C_1 est un condensateur de faible capacité relié, d'une part à la ligne, d'autre part à un poste téléphonique quelconque T. Moyennant cette disposition, le bureau télégraphique A et le bureau téléphonique B pourront employer simultanément le même fil sans gêne réciproque, avec une entière indépendance et sans que les opérateurs du télégraphe aient à se préoccuper en rien des agissements ou conversations des agents du téléphone.

La figure 2 représente le dispositif pour l'accouplement de deux fils télégraphiques distincts L_1 et L_2 en un circuit téléphonique complet.

C_1 et C_2 sont deux condensateurs-séparateurs de faible capacité ; B_1, B_2, deux bobines différentielles induisant une troisième bobine B_3 ; l'une des extrémités de chacune de ces bobines communique avec la terre ; B_1 communique en outre avec la ligne télégraphique L_1 ; B_2 avec la ligne L_2 ; B_3 avec la ligne L_3 qui se dirige vers le bureau central des téléphones.

Il est clair que les fils L_1 et L_2 sont à desservir par des télégraphes

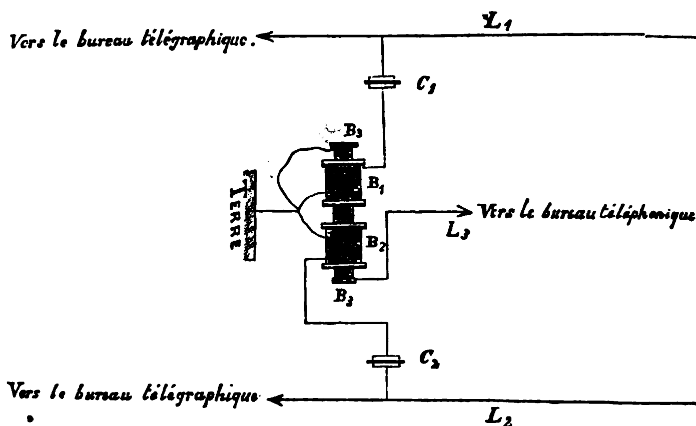


Fig. 2. — Deux fils télégraphiques utilisés pour former le double fil d'un circuit téléphonique complet.

munis des dispositions anti-inductrices comme celles indiquées à la figure 1.

III

Les explications qui précèdent indiquent clairement que pour détruire l'induction télégraphique, ainsi que pour opérer par les mêmes fils la transmission simultanée de télégrammes et de messages parlés, M. Van Rysselberghe, contrairement à une idée assez répandue, n'a recours ni à des téléphones, ni à des microphones spéciaux. Tout le travail d'appropriation s'accomplit dans les bureaux du télégraphe. C'est le télégraphe et non le téléphone qu'il fallait modifier de façon à le rendre silencieux. Cela fait, on parle et l'on écoute sur les fils ainsi préparés à l'aide de microphones et de téléphones *quelconques*.

Le silence télégraphique est obtenu dans une mesure plus ou moins complète, suivant que le système graduateur a été appliqué d'une façon plus ou moins générale. S'il reste quelque bruit d'induction dans le téléphone, c'est que, par raison d'économie, on s'est abstenu de munir un certain nombre d'appareils télégraphiques du système graduateur; car on peut garantir qu'une appropriation complète donne le silence total.

D'autre part, la correspondance parlée est plus ou moins bonne

suivant la valeur plus ou moins grande du système téléphonique mis en œuvre.

En Belgique, par exemple, les Compagnies de téléphones ont conservé les postes Blake Bell installés dès l'origine chez leurs abonnés. L'expérience a démontré que ces appareils sont suffisants pour porter la voix à plus de 100 kilomètres de distance. Mais le résultat bon ou médiocre que l'on obtient pour chaque cas particulier ne résulte ni du système anti-inducteur de M. Van Rysselberghe, ni de sa méthode de télégraphie et téléphonie simultanées, *il dépend uniquement de la valeur du poste téléphonique dont les interlocuteurs se servent.*

A cet effet, il ne faut pas perdre de vue qu'indépendamment du système anti-inducteur et de la méthode de transmission simultanée par les mêmes fils, M. Van Rysselberghe s'est également appliqué à perfectionner les microphones. Cet inventeur s'est attaché à augmenter, dans une mesure notable, la puissance des appareils et cela par des moyens très simples.

Quoique dans les cas ordinaires les microphones bien connus de Berliner, de Blake, d'Ader, de Gower-Bell, d'Edison, etc., soient satisfaisants, il est indispensable de recourir aux perfectionnements imaginés par M. Van Rysselberghe s'il s'agit de porter la parole *au delà de* 200 *kilomètres*, ou si l'on veut avoir à des distances moindres une transmission nette, claire et puissante.

On sait que dans les transmetteurs à charbon ou microphones, la reproduction électrique de la voix humaine a lieu par les variations de résistance qu'éprouvent les contacts en charbon sous l'influence des vibrations qui agitent la membrane-diaphragme ou planchette du microphone. Or les recherches de M. Van Rysselberghe et les expériences faites par lui l'ont amené à la confirmation de ce résultat indiqué d'ailleurs par le calcul, « *que les variations de la résistance* « *des contacts ont d'autant plus de valeur relative et que les varia-* « *tions de courant qui en résultent sont d'autaut plus considérables* « *que la résistance totale du circuit est plus faible* ».

Il en résulte que M. Van Rysselberghe recommande, pour produire le courant inducteur, une source électromotrice à résistance intérieure extrêmement faible.

On emploiera donc avec grand succès les éléments secondaires ou accumulateurs et les piles thermo-électriques.

En général, toute pile à résistance intérieure très-faible donne de bons résultats. C'est ainsi que l'inventeur recommande l'emploi des piles Leclanché à plaques agglomérées à grande surface de 180 milli-

mètres de longueur sur 70 millimètres de largeur, avec grand cylindre en zinc.

Une nouvelle pile au manganèse de M. Warnon avec des sacs dans les dimensions précitées et avec grand cylindre en zinc a donné également des résultats très-satisfaisants.

Mais il ne suffit pas de diminuer la résistance intérieure de la pile, il faut diminuer aussi celle du microphone, et pour cela recourir à des contacts multiples disposés *tous en quantité.*

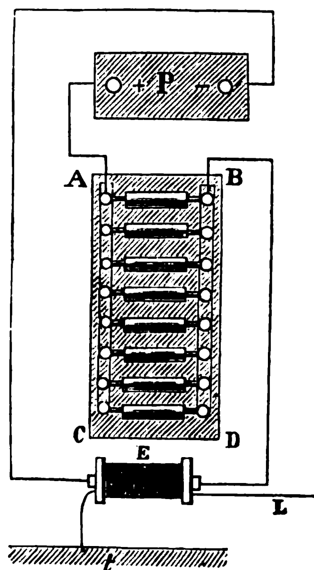


Fig. 3. — Disposition d'un transmetteur microphonique avec contacts multiples *en quantité.*

La figure 3 indique la disposition à donner au microphone :

P est un élément secondaire de Planté ou un accumulateur Faure, ou bien encore une pile Leclanché ou Warnon à grande surface et de faible résistance intérieure.

ABCD est une planchette en sapin dans les dimensions de celles adoptées pour les microphones Ader et sur laquelle sont disposées parallèlement huit séries de petits crayons de charbon, de façon à fournir un microphone à contacts multiples disposés *tous en quantité.* La résistance totale ne dépassera pas 2 ohms, tandis que dans la plupart des microphones on trouvera pour le même circuit une résistance d'environ 16 ohms.

E est une bobine d'induction établie de façon à donner très peu de résistance à son circuit primaire.

M. Van Rysselberghe adopte aussi pour le circuit secondaire de cette bobine des résistances très faibles, parce que l'expérience lui a démontré que pour franchir de grandes distances, il faut produire des courants de quantité et non des courants de tension.

On conçoit que, pour l'appel d'un poste téléphonique à un autre ou d'un bureau central à un autre, il n'est pas possible, lorsque le téléphone emprunte les fils du télégraphe, de se servir ni de *sonneries trembleuses* actionnées par la pile, ni de sonneries électro-magnétiques appelées communément *Magneto Calls*, car les courants engendrés par ces deux appareils ne manqueraient pas de contrarier le travail du télégraphe. Il faut donc avoir recours aux appareils téléphoniques eux-mêmes et tâcher qu'ils produisent un appel suffisant pour être entendu, quelle que soit la distance du bureau téléphonique avec lequel on désire communiquer.

Il était même indispensable pour un service important que les appels fussent *visibles*, c'est-à-dire qu'un numéro d'annonciateur apparût à chaque appel et établît l'identité du fil sur lequel l'appel s'est produit.

M. Van Rysselberghe a résolu d'une manière très-heureuse ce problème délicat en appliquant et en développant des idées qui lui ont été suggérées par M. Sieur, fonctionnaire supérieur de l'administration des télégraphes français. Et actuellement, qu'il s'agisse d'un appel par fil exclusivement téléphonique ou qu'il s'agisse de demander la communication par fil téléphono-télégraphique, la manœuvre est la même.

Voici, en résumé, les principes sur lesquels reposent le système de M. Van Rysselberghe et les revendications qui constituent son invention et sa propriété :

1° La méthode qui consiste à rendre les courants télégraphiques, qu'ils soient primaires, induits ou dérivés, inaudibles, non perceptibles au téléphone, en les rendant graduels;

2° La combinaison, à chaque poste de transmission télégraphique, du manipulateur avec un graduateur du courant, afin de rendre les courants émis par ce manipulateur inaudibles au téléphone;

3° La combinaison, à chaque poste de transmission télégraphique, du manipulateur avec deux ou plusieurs électro-aimants disposés les uns à la suite des autres avec des condensateurs en dérivation entre eux;

4° Une combinaison de plusieurs condensateurs successifs, en dérivation entre la ligne et la terre, avec des résistances croissantes entre

la ligne et chacun des condensateurs, ou entre la terre et chacun des condensateurs;

5° La combinaison d'un ou de plusieurs fils téléphoniques avec un nombre quelconque de fils télégraphiques attachés aux mêmes poteaux et pourvus à chaque poste de transmission d'un graduateur de courants;

6° Les moyens ci-dessus décrits d'envoyer simultanément par le même ou les mêmes fils des télégrammes et des messages parlés, et notamment la combinaison, dans ce but, et comme il a été décrit plus haut, de deux fils télégraphiques avec deux condensateurs et deux bobines d'induction accouplées en système différentiel de telle façon que l'une des extrémités du fil primaire de chacune d'elles soit en communication avec la terre, le circuit secondaire étant en communication avec la terre, le circuit secondaire étant en communication avec un poste téléphonique quelconque, comme il a été décrit plus haut;

7° La méthode ci-dessus décrite d'augmenter l'intensité des courants téléphoniques engendrés par la bobine d'induction du microphone, et qui consiste à réduire à un minimum toutes les résistances du circuit microphonique, notamment celle de la pile et du microphone, la résistance de l'inducteur de la bobine devant conserver avec celle du microphone un rapport convenable;

8° La combinaison, pour augmenter les courants téléphoniques, d'une batterie secondaire ou d'une pile thermo-électrique ou de toute autre source électromotrice à très faible résistance intérieure avec un microphone et une bobine d'induction quelconque;

9° La combinaison, dans le même but, des mêmes sources électromotrices à résistance intérieure faible avec : *a*) un microphone à contacts multiples disposés *tous* en quantité, et *b*) une bobine d'induction dont le circuit primaire ne dépasse pas 0,2 ohm;

10° L'emploi simultané des méthodes et combinaisons précédentes, ce qui donne un système nouveau de télégraphie et de téléphonie simultanées par le même ou les mêmes fils, à de très-grandes distances, comme il a été décrit plus haut;

11° La combinaison d'un condensateur relativement coûteux avec un autre beaucoup plus petit, de valeur relativement insignifiante, et moins résistant que l'autre, afin que le second serve de préservatif au premier, ainsi qu'il a été dit plus haut. CHARLES MOURLON.

LA MÉTHODE GRAPHIQUE

DANS L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉLECTRICITÉ

On n'en est plus à compter les services rendus à la science par les méthodes graphiques : M. le docteur Marey a consacré, il y a quelques années, tout un volume à l'examen de leurs applications, et déjà le livre est incomplet, car les progrès de la photographie instantanée ont ouvert un nouveau champ d'études dont il est difficile, pour ne pas dire impossible, d'assigner les limites.

Nous nous proposons d'examiner ici la méthode graphique dans une sphère plus étroite et plus modeste, dans son application à l'enseignement élémentaire des principes généraux et des phénomènes fondamentaux de l'électricité, et d'établir, à l'aide de quelques exemples, de quel recours elle peut être au débutant pour lui faciliter l'intelligence et l'étude de cette belle science. Toutes les relations entre les différents éléments d'un phénomène sont bien, il est vrai, implicitement contenues dans les formules, mais la discussion de ces formules n'est pas toujours commode ni facile, tandis que la méthode graphique parle à l'œil et permet de saisir d'*ensemble et simultanément* des relations que les formules ne révèlent qu'après une étude patiente et souvent laborieuse. Les exemples qui vont suivre en diront plus d'ailleurs que toutes les considérations générales dont nous pourrions les faire précéder.

Force portante des aimants. — La force portante ou puissance portative des aimants varie beaucoup avec leurs formes, leurs dispositions, le nombre de lames qui les composent, la nature de l'acier, sa trempe, etc. On peut cependant avoir une idée de la force *moyenne* d'aimants de même qualité, de même trempe, et de mêmes dispositions (fer-à-cheval), en appliquant une règle empirique due à Bernouilli et représentée par la formule

$$p = a \sqrt[\frac{3}{2}]{w}$$

p poids que peut porter l'aimant en kilogrammes ;
w poids de l'aimant en kilogrammes ;

a coefficient pratique qui, pour des aciers de bonne qualité, varie entre 18 et 23.

La courbe ci-contre (figure 1), construite par M. Séquard, élève de l'École de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris, représente les résultats fournis par cette formule pour $a = 20$. Les

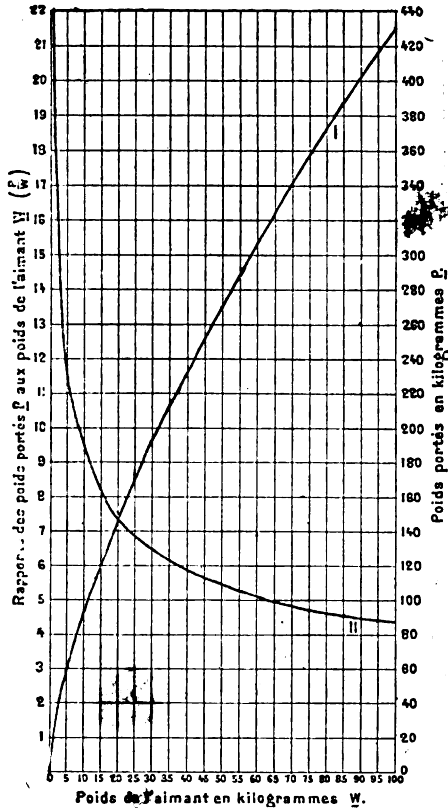


Fig. 1. — Force portante des aimants.

Courbe I, valeurs de p. — Courbe II, valeurs de $\frac{p}{w}$.

poids de l'aimant w sont portés en abscisses et les poids qu'il peut porter p sur les ordonnées correspondantes. On voit que ce poids augmente moins vite que le poids de l'aimant lui-même, c'est-à-dire que les petits aimants sont beaucoup plus puissants que les gros. Ce fait est mis en relief par la deuxième courbe qui représente, pour chaque poids d'aimant w, le nombre de fois son poids $\left(\frac{p}{w}\right)$ que l'ai-

mant peut porter. On voit, par exemple, qu'un aimant de 5 kilogrammes peut porter plus de onze fois son poids, tandis qu'un aimant de 50 kilogrammes ne porte que cinq fois son poids. C'est pour utiliser la puissance relativement très grande des très petits aimants que les aiguilles des galvanomètres de Thomson sont composées de trois à six petits ressorts de montre de 3 à 4 millimètres de longueur seulement, collés sur le petit miroir, au lieu d'un petit aimant unique présentant le même poids que l'ensemble des aimants partiels.

L'affaiblissement de puissance des aimants avec leur poids justifie aussi l'emploi exclusif de bobines de petites dimensions dans les machines *magnétos*, et la nécessité dans laquelle on se trouve d'avoir recours aux *dynamos* dès que la bobine destinée à se mouvoir dans le champ magnétique atteint des proportions un peu grandes.

Couplage des piles. — On sait que lorsqu'on dispose d'un certain nombre d'éléments de pile — que nous supposons *identiques*, — on peut les coupler de différentes façons, suivant leur résistance intérieure, leur force électromotrice et la résistance du circuit extérieur. Voici les couplages extrêmes :

1° Tous les éléments montés en *quantité*, en *batterie*, ou en *surface*, c'est-à-dire, les zincs reliés entre eux, de façon à former une pile dont la force électromotrice est celle d'un seul élément, mais dont la résistance intérieure est d'autant plus petite que le nombre des éléments est plus grand;

2° Tous les éléments montés en *tension*, c'est-à-dire le zinc du premier élément relié au charbon du second, le zinc du second au charbon du troisième et ainsi de suite. On multiplie ainsi à la fois la force électromotrice et la résistance intérieure par *le nombre des éléments*.

Entre ces montages extrêmes s'en place un certain nombre d'intermédiaires que nous allons préciser par un exemple.

Supposons que nous disposions de vingt éléments; ces vingt éléments donneront lieu aux six combinaisons suivantes :

I° 20 éléments en quantité, 1 en tension. — II° 10 éléments en quantité, 2 en tension. — III° 5 éléments en quantité, 4 en tension. — IV° 4 éléments en quantité, 5 en tension. — V° 2 éléments en quantité, 10 en tension. — VI° 1 élément en quantité, 20 en tension.

En général, soit :

t le nombre des éléments disposés en tension,
q le nombre des éléments disposés en quantité,
n le nombre total des éléments :

$$n = tq.$$

L'intensité du courant dans un circuit extérieur de résistance R sera, si E est la force électromotrice d'un élément et r sa résistance intérieure :

$$I = \frac{tE}{\frac{t}{q} r + R}.$$

Le diagramme figure 2 montre les variations de l'intensité pour chacun de ces couplages lorsqu'on fait varier la résistance extérieure R. Pour faciliter les calculs, nous avons pris comme type de pile l'élément *volt-ohm*, c'est-à-dire un élément théorique dont la f. é. m. serait de 1 volt et la résistance intérieure de 1 ohm. Les résistances extérieures (ohms) sont portées en abscisses, les intensités correspondantes (ampères) en ordonnées.

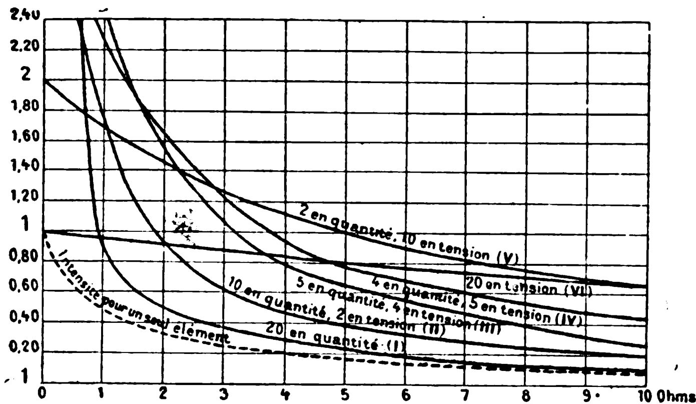


Fig. 2. — Courbe des variations du courant avec le couplage et la résistance du circuit extérieur (20 éléments *volt-ohm*).

En consultant les courbes, on voit, par exemple, que, sur un circuit extérieur dont la résistance extérieure est de 5 ohms, c'est-à-dire cinq fois celle d'un élément, on obtient l'intensité maxima en disposant 10 éléments en tension et 2 en quantité ; elle est alors de 1 ampère. En disposant les 20 éléments en quantité, on aurait seulement $I = 0,22$, pas beaucoup plus que ne donnerait un seul élément. Ces courbes mettent donc bien en relief l'influence du montage des piles sur l'intensité du courant. Elles montrent que le montage en quantité convient aux faibles résistances et le montage en tension aux grandes résistances. En comparant la courbe pointillée qui correspond à un seul élément, à la courbe VI, on voit que, sur un circuit

sans résistance, 20 éléments en tension ne donnent pas plus d'intensité qu'un seul. La comparaison de la courbe pointillée et de la courbe I montre, d'autre part, que, pour les grandes résistances, un seul élément donne autant d'intensité que 20 éléments en quantité. Les points de croisement de ces courbes indiquent les résistances pour lesquelles il est indifférent d'adopter l'un ou l'autre des montages correspondants aux deux courbes qui se coupent.

Travail et activité des piles. — Il ne suffit pas de connaître l'influence de la résistance extérieure sur l'intensité du courant pro-

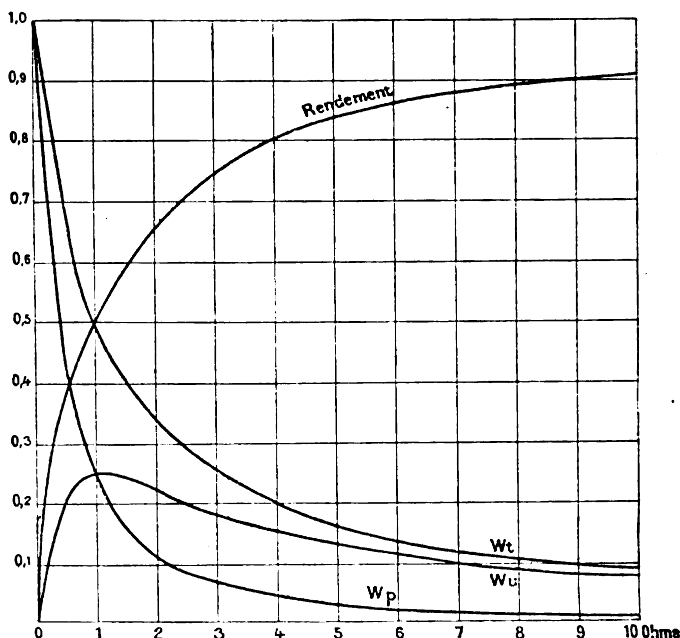


Fig. 3. — Courbes du travail et du rendement de l'élément volt-ohm sur une résistance extérieure variant de 0 à 10 ohms.

W_t, courbe du travail total (la courbe de l'intensité se confond avec elle). — W_u, courbe du travail utile ou disponible dans le circuit extérieur (elle passe par un maximum pour $R = r$). — W_p, courbe du travail perdu. — *Rendement*. Courbe du rapport $\frac{W_u}{W_t}$. Il tend vers 1 lorsque R tend vers l'infini et W_u vers 0.

duit, il faut encore connaître l'influence de cette résistance sur le travail total, le travail utile, le travail perdu et le rendement. C'est ici où la méthode graphique est utile pour embrasser d'un coup d'œil

la variation simultanée de tous ces éléments. La figure 3 a été con-

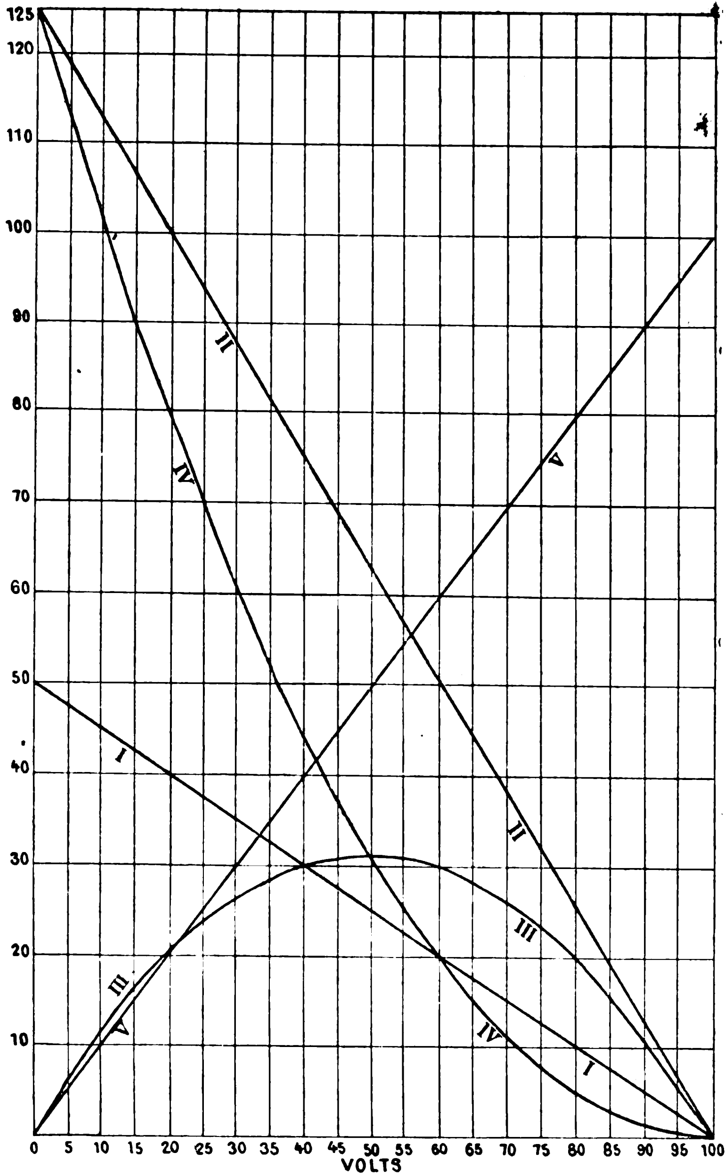


Fig. 4. — Variation des conditions de fonctionnement dans une transmission de force.

struite pour 1 élément volt-ohm, en faisant varier la résistance exté-

rieure de 0 à 10 ohms. Voici les formules qui donnent les valeurs des diverses quantités en fonction des *constantes* de la pile, c'est-à-dire de la résistance extérieure R, et de sa résistance intérieure r :

Intensité : $$I = \frac{E}{r + R} \qquad (1)$$

Travail total : $$W_t = (r + R)\, I^2 t \qquad (2)$$

Travail utile : $$W_u = RI^2 t \qquad (3)$$

Travail perdu : $$W_p = W_t - W_u = rI^2 t \qquad (4)$$

Rendement : $$\frac{W_u}{W_t} = \frac{r + R}{R}. \qquad (5)$$

En faisant $t = 1$ seconde dans les formules (2), (3) et (4), on a l'expression des différents travaux en *volt-coulombs* par seconde. Si l'on divise par t, les mêmes formules donnent la puissance ou l'activité totale, utile et perdue, en *watts*. Ce sont les valeurs de l'activité en watts qui sont portées sur la figure 3 à raison de 10 divisions pour 1 watt. Par suite du choix de l'élément volt-ohm et de l'échelle adoptée, la courbe de l'intensité coïncide avec la courbe de l'activité totale.

On voit sur cette courbe que l'activité utile passe par un maximum pour $R = 1$, c'est-à-dire quand la résistance extérieure est égale à la résistance intérieure. Le rendement est alors de 0,5. A mesure que R augmente, W_t, W_u et W_p diminuent tandis que le rendement augmente et tend vers 1 lorsque R est infini, et que l'activité utile est nulle, c'est-à-dire lorsque la pile ne fournit plus aucun courant.

Transmission de force. — La méthode graphique permet encore d'envisager d'un seul coup d'œil la théorie élémentaire de la transmission de force à distance dans le cas de deux machines parfaites. Soient :

R la résistance totale du circuit comprenant ici la résistance de la génératrice, de la réceptrice et de la ligne ;

E la force électromotrice de la génératrice ;

E′ la force électromotrice de la réceptrice ;

I l'intensité du courant ;

W_t le travail total transformé en énergie électrique par la génératrice par seconde;

W_u l'énergie électrique utilement transformée en travail dans la réceptrice par seconde;

W_p l'énergie électrique transformée en chaleur dans le conducteur;

$\frac{W_u}{W_t}$ le rendement, c'est-à-dire le rapport de l'énergie utile à l'énergie totale.

On a les relations suivantes entre ces différentes quantités :

$$I = \frac{E - E'}{R}.$$

$$W_t = EI = \frac{E(E - E')}{R}$$

$$W_u = E'I = \frac{E'(E - E')}{R}$$

$$W_p = W_t - W_u = \frac{(E - E')^2}{R}$$

$$\text{Rendement} = \frac{W_u}{W_t} = \frac{E'}{E}.$$

Nous ferons varier E' depuis zéro, lorsque la machine est au repos, jusqu'à $E' = E$, valeur pour laquelle la force contre-électromotrice de la réceptrice étant égale à la force électromotrice de la génératrice, le courant devient nul. Dans la figure 4, les valeurs de E' sont portées en ordonnées, les valeurs correspondantes de I (courbe I); de W_t (courbe II); de W_u (courbe III); de W_p (courbe (V); du rendement (courbe V) sont portées en abscisses.

Le travail utile passe par un maximum lorsque $E' = \frac{E}{2}$.

Le rendement est alors de 0,5. Lorsque la force contre-électromotrice de la machine augmente, le rendement augmente, mais le travail diminue. Ici se place une remarque importante qui peut, dans une certaine mesure, expliquer le mauvais rendement de certains moteurs électriques. On voit qu'entre 0 et le maximum, le travail W_u passe deux fois par la même valeur, une première fois lorsque E' est *plus petit* que $\frac{E}{2}$, et une seconde fois lorsque E' est *plus grand* que $\frac{E}{2}$. Comme, dans

le second cas, le rendement est plus grand que dans le premier, il en résulte que, toutes choses égales d'ailleurs, il est plus avantageux et plus économique de faire travailler le moteur dans la deuxième partie de la courbe, c'est-à-dire dans la partie où la force contre-électromotrice qu'il développe est supérieure à la moitié de la force électromotrice du générateur (pile ou machine). Ainsi s'explique pourquoi il convient de conduire toujours les moteurs électriques à grande vitesse, c'est-à-dire de telle sorte que la force contre-électromotrice qu'ils développent soit la plus grande possible.

On voit, par ces quelques exemples, l'utilité pratique de la méthode graphique dans l'enseignement de l'électricité. Sous quelle forme conviendrait-il de l'introduire dans l'enseignement? Notre expérience personnelle nous a indiqué deux procédés également avantageux, suivant la culture intellectuelle de ceux auxquels ils s'adressent et le temps dont on dispose.

Pour un enseignement tout à fait élémentaire et rapide, il est préférable de construire les courbes à *l'avance* et de s'en servir pour faire comprendre et embrasser facilement d'un seul coup d'œil les relations entre les différents éléments qui caractérisent un régime électrique déterminé.

Avec des élèves plus avancés, capables d'interpréter et de discuter une formule, il vaut mieux employer tout d'abord les formules et faire ensuite construire les courbes à titre d'exemple et d'application pratique.

E. H.

THÉORIE DES ARMATURES DES DYNAMOS

ET DU MODE DE CONSTRUCTION QUI EN RÉSULTE

Le docteur *St-Doubrava*, privat-docent à l'Université de Prague, se livre, dans la *Internationale Zeitschrift für die elektrische Ausstellung in Wien*, à quelques réflexions qu'il nous semble intéressant de résumer, sur la manière dont il faudrait expliquer le rôle des armatures dans les dynamos et le mode de construction qui résulterait de cette manière de les envisager.

Faraday a énoncé le premier la loi suivante:

Un conducteur en mouvement dans un champ magnétique ne devient

le siège d'un courant que lorsqu'il se meut, non parallèlement aux lignes de force, mais de manière à les couper.

Et, se basant sur cette loi, il construisit la première machine permettant de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique.

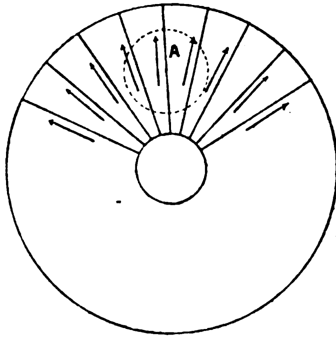


Fig. 1.

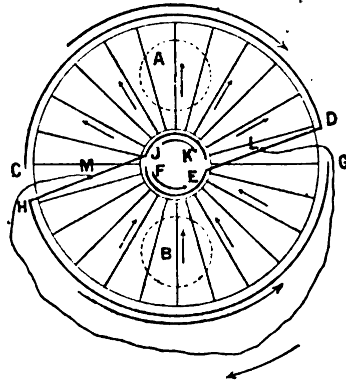


Fig. 2.

Cette *magneto-electric-machine,* comme il l'appelait, se composait d'un disque de cuivre en rotation entre deux forts électro-aimants. En reliant l'axe de ce disque à sa périphérie, Faraday obtint un courant continu du centre à la circonférence ou inversement, suivant le

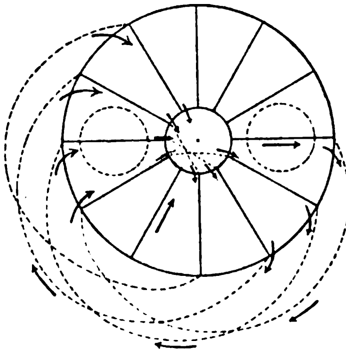


Fig. 3.

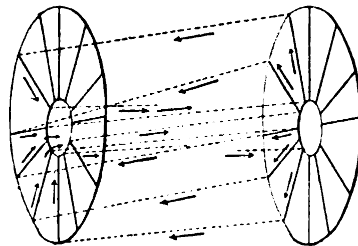


Fig. 4.

sens de rotation. Avec l'esprit perspicace qui le distinguait, il avait parfaitement entrevu tout le parti que l'on pouvait tirer de cette machine. *Il est vrai,* disait-il, *que l'on n'a pas encore pu produire un courant suffisamment intense pour en trouver d'utiles applications,*

mais il semble raisonnable de s'attendre à ce que ce résultat soit obtenu à l'aide de dispositions convenables.

Un an plus tard, Pixii créait sa machine qui ne présente aucun progrès sur celle de Faraday. Tous les inventeurs, jusqu'à Pacinotti, Gramme et Hefner-Alteneck, se sont inspirés d'une pensée unique : rapprocher et éloigner des bobines des pôles d'un aimant ; sans songer à utiliser le champ magnétique d'une façon continue, car tant que la bobine traverse ce dernier, il y a transformation d'énergie mécanique en énergie électrique, mais quand elle cesse de couper les lignes de force, la machine tourne inutilement. Cette utilisation discontinue du champ magnétique est donc une imperfection.

Ce défaut disparaît en grande partie dans l'anneau Pacinotti-Gramme, et dans l'armature de Hefner-Alteneck qui n'en est qu'une modification ; s'il ne disparaît pas complètement, cela tient à ce que ces inventeurs n'étaient pas dans la bonne voie quand ils ont trouvé cette disposition nouvelle. Comme leurs devanciers, ils n'avaient qu'une pensée : approcher ou éloigner un conducteur d'un pôle d'aimant; c'est aussi l'explication que l'on trouve dans la plupart des ouvrages.

On sait que si un disque de Faraday se meut relativement à un pôle d'aimant, il est le siège de courants allant du centre à la circonférence, ou inversement, selon le nom du pôle en regard et suivant le sens de la rotation. Si la périphérie n'est pas en communication avec l'axe, les courants se neutralisent dans le disque. Supposons que, pour éviter cet inconvénient, on ait composé le disque de rayons isolés les uns des autres, comme l'indique la figure 1, dans laquelle le cercle en pointillé représente un pôle. Dans la figure 2, les courants sont opposés deux à deux dans les deux demi-cercles. Si nous plaçons des collecteurs CDEF, GHIK aux extrémités des conducteurs et que nous joignions deux points intermédiaires L et M de ces circuits, nous donnons naissance à un courant continu tant que le disque tourne.

On voit donc que dans ces perfectionnements du disque de Faraday, l'idée fondamentale est d'obtenir que tous les conducteurs soient traversés par des courants de même sens. Pour éviter le contact incommode à la circonférence, on peut adopter la disposion de la figure 3, qui n'est pas autre chose qu'une armature Hefner-Alteneck ou la figure 4 qui représente l'anneau Pacinotti-Gramme.

Que l'on explique le rôle de l'induction par l'éloignement ou le rapprochement d'un conducteur d'un pôle magnétique, ou par un déplacement d'un conducteur dans un champ magnétique de manière à couper des lignes de force, on n'y voit guère au premier abord de grande différence. Il y en a cependant une essentielle. La première théorie exige que le conducteur se meuve d'un point à un potentiel

magnétique, plus fort à un point à un potentiel plus faible ou inversement; dans la seconde théorie, cette hypothèse est inutile; car un conducteur qui se déplace sous une seule et même surface de niveau

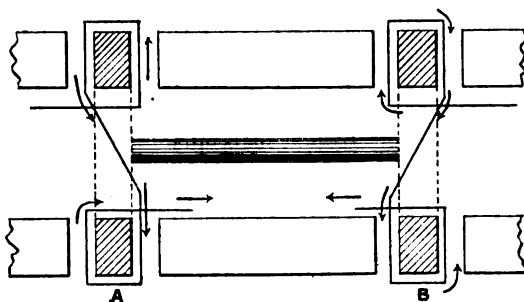


Fig. 5.

potentiel produit cependant un courant. On voit également le rôle

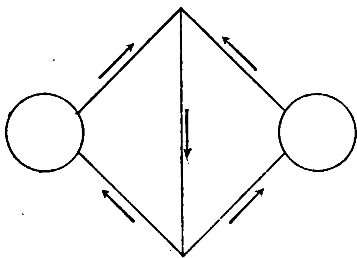


Fig. 6.

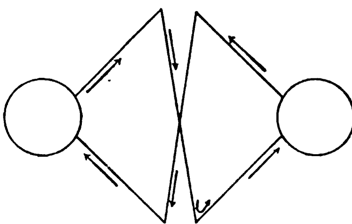


Fig. 7.

que joue le noyau de fer doux placé dans l'anneau. Il n'est pas là

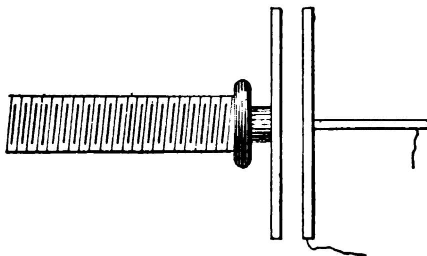


Fig. 8.

pour faire l'office d'un pôle mobile, mais pour rendre le champ plus intense.

Cette hypothèse nous permet, en outre, de saisir les défauts des

induits actuels, entre autres les changements rapides de polarité dans le fer doux, la discontinuité des collecteurs de laquelle proviennent les étincelles.

Si deux anneaux de fer doux réunis par un axe tournent entre des pôle d'égale intensité, comme dans la figure 5, ils ne peuvent changer de pôle, comme on le voit d'après les flèches qui indiquent le sens des courants. Cette disposition permet, en outre, d'avoir un collecteur continu. On peut alors coupler ces deux anneaux, comme l'indique la figure 6 ou la figure 7. C'est la disposition adoptée par le brevet Étienne dont l'exposé cependant invoque de tout autres motifs. Pour démontrer que le déplacement d'un conducteur dans un champ magnétique pouvait se produire sans changement de pôle, M. Doubrava avait placé un disque de fer doux devant le pôle d'un fort électro-aimant. Parallèlement à ce dernier se trouvait un disque de cuivre et il obtint des courants divergents ou convergents, selon le sens de rotation et le nom du pôle, figure 8.

Il n'est donc pas impossible, en réunissant ces deux disques, comme il a été dit plus haut, d'obtenir une machine à double anneau unipolaire. L'auteur a même essayé d'établir un champ magnétique au moyen d'une masse de fer doux qui fût parfaitement indépendante de quelques masses magnétiques extérieures, mais il n'a pu y réussir.

N. T.

UNE CONSÉQUENCE INÉVITABLE DES PROGRÈS
DES LAMPES A INCANDESCENCE

Avant peu, si les lampes à incandescence suivent la marche progressive de ces dernières années, les applications industrielles de l'éclairage par la bougie Jablochkoff cesseront d'exister, et son emploi sera réservé à quelques cas tout spéciaux dans lesquels elle sera recherchée seulement pour les qualités de sa lumière, et en particulier pour sa coloration et son allure un peu mouvementée, qualités que l'incandescence ne possède pas et ne saurait posséder.

Voici sur quelles considérations et quels chiffres nous nous appuyons pour soutenir une thèse qui, pour quelques-uns du moins, peut paraître, au premier abord, singulièrement téméraire.

A l'Exposition d'électricité de 1881, les lampes à incandescence

exigeaient une puissance électrique de 4 à 5 watts par candle; on ne pouvait donc obtenir que 150 à 180 candles par cheval-vapeur d'énergie électrique disponible.

Aujourd'hui, grâce aux progrès réalisés dans la fabrication, on obtient des lampes qui demandent seulement 2,5 watts par candle pour une puissance de 20 candles et moins de 2 watts lorsqu'on les construit pour fournir 30 à 40 candles, tout en présentant une durée moyenne de 1000 heures.

On obtient donc déjà 370 candles par cheval-vapeur, et il est permis d'espérer qu'on atteindra bientôt le chiffre de 400 candles. Ce chiffre de 400 candles par cheval électrique est précisément celui obtenu avec les bougies Jablochkoff de 4 millimètres actuelles brûlant dans un globe opale ordinaire.

Il en résulte déjà, qu'à dépense d'énergie électrique égale, les lampes à incandescence de 30 candles ont une puissance photométrique égale à celle des bougies Jablochkoff de 200 candles.

On pourra donc remplacer chaque bougie de 200 candles par 7 lampes de 30 candles fournissant autant de lumière avec une plus grande division.

En ne supposant qu'une durée de 500 heures aux lampes à incandescence, il faudra, pour un éclairage de 1000 heures, les renouveler deux fois. La dépense de ce fait sera donc, en comptant les lampes à 5 francs :

$$5 \times 7 \times 2 = 70 \text{ francs}$$

Les bougies Jablochkoff pouvant durer 2 heures coûtent 20 centimes, soit 10 centimes par heure, et 100 francs pour 1000 heures.

Le renouvellement des bougies coûte donc *plus cher* que celui des lampes à incandescence, sans parler des frais et pertes de temps occasionnés par le changement des bougies, le nettoyage des chandeliers, les bougies incomplètement usées, etc.

Nous avons laissé de côté à dessein les frais de canalisation, générateurs électriques, moteurs, etc., frais qui, pour une somme d'énergie électrique donnée, sont identiquement les mêmes, quel que soit le foyer adopté.

On peut donc affirmer qu'avant peu l'éclairage électrique par incandescence se substituera *économiquement* aux bougies Jablochkoff dans tous les cas où il n'est pas indispensable d'avoir une lumière blanche et des foyers aussi puissants.

Le même sort est réservé aux éclairages par incandescence mixte, et peut-être même aux petits arcs de 8 à 10 ampères aujourd'hui si répandus dans l'industrie. La lutte ouverte entre l'arc et l'incan-

descence est, on le voit, des plus intéressantes, et nous nous ferons un devoir d'en suivre de près toutes les péripéties. E. H.

A PROPOS DES MOTEURS LÉGERS

QUELQUES MOTS DE RÉPONSE A M. EL.

Lorsque nous critiquons un appareil ou une idée, nous avons pris comme règle invariable à *l'Électricien* de toujours mettre le texte incriminé sous les yeux de nos lecteurs, afin qu'ils puissent juger par eux-mêmes du bien fondé de nos critiques.

C'est ce que nous avons fait en particulier dans le numéro 83 du 15 septembre dernier, page 278, à propos d'un moteur soi-disant léger proposé par M. *El.* dans le *Moniteur industriel.*

En réponse à cette critique qui avait pour but de démontrer que le système proposé par le savant *mécanicien* du *Moniteur industriel* n'était rien autre chose qu'un mouvement perpétuel, M. *El.* emploie cinq colonnes du *Moniteur industriel* du 25 septembre dernier pour nous démontrer... que nous avons tort de croire à la direction des ballons.

Dans cette longue réponse, il n'y a *pas une ligne* de citation, ce qui est, comme chacun sait, le moyen infaillible, et à la portée de toutes les intelligences, de faire dire à l'auteur tout ce qu'on veut, et de le réfuter ensuite victorieusement.

Nous laissons à M. *El.* ces procédés de polémique qui n'ont pas cours à *l'Électricien.* Nos lecteurs savent depuis longtemps quelle est notre opinion sur les ballons dirigeables et le plus lourd que l'air.

Croire à la direction des ballons *par un temps calme* est peut-être une erreur, mais chercher à réaliser un moteur léger en employant un moteur à acide carbonique, en combattant la congélation au moyen de spirales de platine portées au rouge, par un courant électrique fourni par une très petite dynamo mue par le moteur lui-même (voy. le projet de M. *El.* dans *l'Électricien*, loc. cit.), c'est sûrement une ineptie.

Lorsque M. *El.* répondra sur ce point spécial, que nous avons visé dans notre article du 15 septembre et qu'il élude avec tant de soin

dans sa réponse du 22 septembre, et qu'il prendra la peine de *citer les textes*, nous nous ferons un plaisir et un devoir de reproduire ses arguments. Nous estimons même que ces arguments n'iront pas sans un peu de gaieté, de plus en plus rare dans la science, par suite de la diffusion chaque jour plus grande des connaissances élémentaires relatives aux principes de la conservation et de la dissipation de l'énergie, principes dont M. *El.* paraît se soucier comme de Collin-Tampon.

E. H.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 22 septembre 1884.

M. le Secrétaire perpétuel annonce à l'Académie que le Comité international des poids et mesures, représentant les hautes parties contractantes de la Convention du mètre, signée à Paris, le 20 mai 1875, a reçu l'adhésion du Royaume-Uni de la Grande-Bretagne, qui, jusqu'ici, s'était tenu en dehors de la Convention. La Roumanie et la Serbie se sont déjà jointes aux puissances signataires de la Convention, et la Commission, à la suite de ces adjonctions, représente actuellement une population totale de 421 440 396 d'habitants, répartis entre l'Allemagne, l'Angleterre, l'Autriche, la Hongrie, la Belgique, la Confédération Argentine, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis d'Amérique, la France, l'Italie, le Pérou, le Portugal, la Roumanie, la Russie, la Serbie, la Suède, la Norvège, la Suisse, la Turquie et le Vénézuéla.

Le système métrique, dans quinze de ces États, est aujourd'hui légal et obligatoire; ce sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Hongrie, la Belgique, la Confédération Argentine, l'Espagne, la France, l'Italie, le Pérou, le Portugal, la Roumanie, la Serbie, la Norvège, la Suisse et le Vénézuéla.

Il est facultatif seulement dans les États-Unis d'Amérique, la Suède et la Turquie. Le Comité international est composé de quatorze membres appartenant tous à des États différents, qui remplissent par voie de scrutin les vacances produites dans son sein. Une occasion pro-

chaine se présentera sans doute d'y appeler un représentant de l'Angleterre.

Séance du 29 septembre 1884.

Sur la deuxième expérience de l'aérostat électrique à hélice de MM. Tissandier frères. — Note de M. G. Tissandier (Renvoi à la Commission des aérostats).

A la suite de l'ascension que nous avons exécutée, le 8 octobre 1883, dans notre aérostat à hélice, le premier qui ait emprunté à l'électricité sa force motrice, et dont nous avons eu l'honneur de donner la description complète à l'Académie[1], nous avons dû modifier quelques parties du matériel et refaire notamment de toutes pièces le gouvernail, dont le rôle n'est pas moins important que celui du propulseur.

Vendredi 26 septembre 1884, nous avons exécuté un deuxième essai; il a donné tous les résultats que nous pouvions attendre d'une construction exclusivement faite dans un but d'étude expérimentale. Notre aérostat, dont la stabilité n'a jamais rien laissé à désirer, obéit à présent avec la plus grande sensibilité aux mouvements du gouvernail, qui fait saillie au delà de la pointe arrière, et il nous a permis d'exécuter au-dessus de Paris des évolutions nombreuses, dans des directions différentes, et de remonter, même à plusieurs reprises, le courant aérien avec vent debout, comme ont pu le constater des milliers de spectateurs.

L'ascension a eu lieu à quatre heures vingt minutes, de notre atelier aérostatique d'Auteuil. Mon frère s'était chargé du jeu de lest; un ancien marin, M. Lecomte, qui nous accompagnait, manœuvrait spécialement les drosses du gouvernail, et faisait virer de bord suivant la direction que nous voulions prendre; quant à moi, je m'occupais spécialement de faire fonctionner le moteur et de prendre le point.

A 400 mètres d'altitude, nous avons été entraînés par un vent assez vif du nord-ouest, et aussitôt l'hélice a été mise en mouvement, d'abord à petite vitesse; quelques minutes après, tous les éléments de la pile montés en tension ont donné leur maximum de débit. Grâce aux dimensions plus volumineuses de nos lames de zinc et à l'emploi d'une dissolution de bichromate de potasse plus chaude, plus acide et plus concentrée, il nous a été donné de disposer d'une force motrice

[1] *Comptes rendus*, séance du 15 octobre 1883.

effective de un cheval et demi, avec une rotation de l'hélice de 190 tours à la minute.

L'aérostat a d'abord suivi presque complètement la ligne du vent, puis il a viré de bord sous l'action du gouvernail, et, décrivant une demi-circonférence, il a navigué vent debout. En prenant des points de repère sur la verticale, nous avons constaté que nous nous approchions, lentement, mais sensiblement de la direction d'Auteuil, ayant une complète stabilité de route. La vitesse du vent était environ de 3 mètres à la seconde, et notre vitesse propre, un peu supérieure, atteignait à peu près 4 mètres à la seconde. Nous avons ainsi remonté le vent au-dessus du quartier de Grenelle, pendant plus de dix minutes.

Après cette première évolution, la route fut changée et l'avant du ballon tenu vers l'Observatoire. On nous vit recommencer dans le quartier du Luxembourg une manœuvre de louvoyage tout à fait semblable à celle que nous avions exécutée précédemment, et l'aérostat, la pointe avant contre le vent, a encore navigué pendant quelques minutes à courant contraire. Après avoir séjourné pendant plus de quarante-cinq minutes au-dessus de Paris, l'hélice a été arrêtée; l'aérostat, laissé à lui-même, tout en étant maintenu à une altitude à peu près constante, a été aussitôt entraîné par un vent assez rapide. Il passa au sud du bois de Vincennes, et, à partir de cette localité, il nous a été facile de mesurer encore une fois par le chemin parcouru au-dessus du sol notre vitesse de translation et d'obtenir ainsi très exactement celle du courant aérien lui-même. Cette vitesse a varié de 3 à 5 mètres à la seconde; elle n'était pas constante et a changé fréquemment pendant le cours de notre voyage.

Arrivés au-dessus de la Varenne-Saint-Maur à cinq heures cinquante minutes du soir, le soleil se couchait au-dessus des brumes; le vent diminua sensiblement d'intensité. La machine, remise en mouvement, nous permit de remonter avec beaucoup plus de facilité que précédemment le courant aérien devenu presque nul et nous traversâmes la Marne en sens contraire, successivement à deux reprises.

L'atterrissage eut lieu à six heures vingt minutes, près du bois Servon, à Marolles-en-Brie, canton de Boissy-Saint-Léger (Seine-et-Oise), à une distance de 25 kilomètres du point de départ, après un séjour de deux heures dans l'atmosphère.

Notre ascension du 26 septembre 1884 aura donné une démonstration expérimentale de la direction des aérostats fusiformes symétriques avec hélice à l'arrière, et cela sans qu'il ait été nécessaire de rapprocher dans la construction les centres de traction et de résistance. La disposition que nous avons adoptée, analogue à celle des

aérostats de H. Giffard et de M. Dupuy de Lôme, favorise considérablement la stabilité du système, sans exclure la possibilité de confectionner des aérostats très allongés et de très grande dimension, qui pourront seuls assurer l'avenir de la locomotion atmosphérique.

MM. Renard et Krebs ont brillamment démontré, d'autre part, que l'hélice pouvait être placée à l'avant et la nacelle très rapprochée d'un aérostat pisciforme auquel elle est attachée. Ils ont obtenu, grâce à l'emploi d'un moteur très léger, une vitesse propre qui n'avait jamais été atteinte avant eux.

Nous rendons hommage au grand mérite de l'œuvre de MM. Renard et Krebs, comme ces savants officiers l'ont fait eux-mêmes à l'égard de l'antériorité de nos essais, en ce qui concerne l'application de l'électricité à la navigation aérienne.

Séance du 6 octobre 1884.

Essais faits à Turin et à Lanzo sur la distribution de l'éclairage électrique à grande distance. — Note de M. Tresca.

Une exposition internationale d'électricité a lieu en ce moment à Turin, avec attribution d'un prix important, offert par le gouvernement italien et par la ville,

Je suis chargé, par mes collègues du jury de cette exposition, de porter à la connaissance de l'Académie les faits suivants :

MM. Gaulard et Gibbs ont établi entre l'exposition, la station de Lanzo et les stations intermédiaires, un circuit dont la longueur totale, retour compris, est de 80 kilomètres, avec un fil de bronze chromé, de $3^{mm},7$ de diamètre, non recouvert.

Ce fil est destiné au courant alternatif, produit par une machine dynamo-électrique de Siemens, du type de 30 chevaux, de telle manière que ce courant puisse être utilisé simultanément à divers modes d'éclairage, soit à l'exposition même, soit à la station de Turin, soit à la station terminale de Lanzo, soit enfin dans les stations intermédiaires, par sa transformation, en chaque point, des deux facteurs qui constituent son énergie, au moyen des générateurs secondaires, de nouvelle construction, exposés par MM. Gaulard et Gibbs.

Le 25 septembre nous avons constaté, en même temps, le fonctionnement régulier :

1° A l'exposition, des appareil suivants, qui doivent nécessairement être alimentés par des potentiels très différents : 9 lampes Bernstein,

1 lampe Soleil, 1 lampe Siemens, 9 lampes Swan, et 5 autres lampes Bernstein à une petite distance ;

2° A la station de Turin-Lanzo, distance de 10 kilomètres : 34 lampes Edison de 16 bougies, 48 de 8 bougies et une lampe à arc de Siemens.

Le 29 septembre, l'expérience a été plus concluante encore, le système étant complété à la station de Lanzo, distante de 40 kilomètres, par le fonctionnement absolument régulier de 24 lampes de Swan, de 100 volts.

Les transformations multiples qu'exige la variété de ces divers modes d'éclairage s'effectuent avec sûreté, et, quoique nous ne soyons pas en mesure de donner encore des chiffres précis, il est parfaitement établi que les générateurs secondaires doivent, au moins entre certaines limites, être considérés comme des transformateurs, à rendement relativement grand, de l'énergie des courants alternatifs.

L'allumage et l'extinction s'obtiennent, sans aucune perturbation, au moyen de simples commutateurs.

Le but principal de cette communication se borne d'ailleurs à constater la réussite complète d'une distribution des différents modes d'éclairage, sur un parcours effectif de 40 kilomètres. L'importance seule du fait réalisé demandait à être fixée par une date précise, mais il doit être bien compris qu'il ne s'agit pas ici du transport d'un travail mécanique.

BIBLIOGRAPHIE

Les *Accumulateurs Électriques étudiés au point de vue industriel*, par M. Émile Reynier. — Une brochure grand in-8°, avec 24 figures dans le texte. Prix 2 fr. 50. — J. Michelet. Paris, 1885.

Le nouvel ouvrage de notre collaborateur est un travail d'ensemble comportant la *description* des principaux systèmes d'*accumulateurs* anciens et nouveaux (dont quelques-uns étaient inédits), une étude rapide de leurs *propriétés* et une revue sommaire de leurs *Applications*. De nombreuses figures éclairent le texte.

Prenant les principaux systèmes d'accumulateurs à leur principe, l'auteur étudie leurs propriétés fondamentales dans la forme élémentaire du voltamètre. Les *genres* étant ainsi caractérisés, les *espèces* viennent naturellement s'y classer; leur étude, réduite à l'examen

des particularités offertes par chacune d'elles, est faite rapidement et sans redites.

Les *propriétés* des accumulateurs : *Capacité*. — *Rendement*. — *Régime de charge et de décharge*. — *Conservation de la charge*. — *Durée* — sont examinées avec les développements nécessaires.

M. Émile Reynier passe ensuite la revue des *Applications* des batteries secondaires: à la *Télégraphie* et à la *Téléphonie*, — à la *Régularisation du courant des machines*, — à l'*Éclairage*, — à la *Traction*, — à la *Distribution* et au *Transport de l'Énergie*.

Dans l'étude des *Applications*, l'auteur affirme sa foi dans les accumulateurs. Il défend ses opinions (quelques-unes sont peut-être trop exclusives) avec autant de verve que de compétence.

La partie historique est traitée avec impartialité; l'inventeur n'a pas influencé l'écrivain.

Dans cet ouvrage composé au point de vue pratique, les ingénieurs trouveront un exposé d'ensemble, méthodique, clair et suffisamment élémentaire de l'état actuel de l'importante question des *accumulateurs électriques*. E. H.

DYNAMO-ELECTRIC MACHINERY. *A manual for students electrotechnics*, par *M. Silvanus P. Thompson*, B. A.; D. Sc.; professor of experimental physics in University College, Bristol, etc. — *Spon*, éditeur. Londres.

Le livre de M. S. Thompson vient bien à son heure et répond on ne peut mieux aux besoins du moment. L'auteur a été conduit à l'écrire après le succès des *Cantor Lectures* faites pendant l'automne de 1882 à la Société des Arts, et dont notre collaborateur M. E. Boistel a publié une traduction très appréciée.

Mais l'ouvrage, bien qu'ayant pour point de départ ces conférences, n'en est pas une simple reproduction. De nombreux chapitres relatifs à la théorie mathématique des machines dynamo-électriques et des moteurs électriques, aux courbes caractéristiques, etc., ont été ajoutés, de sorte qu'il constitue aujourd'hui un véritable traité sur la matière, manuel indispensable de tous les étudiants en électrotechnique.

Ce n'est pas après une lecture rapide de l'ouvrage comme celle que nous venons de faire qu'il est possible de porter un jugement définitif, non pas sur sa valeur qui est indéniable, mais sur son exactitude en tous les points traités.

L'auteur n'y prétend pas d'ailleurs, car il dit dans sa préface :

« Dans une branche scientifique dont les progrès sont si récents, un « traité qui embrasse tant de points nouveaux ne peut pas être exempt

« d'erreurs, erreurs que le temps et l'expérience ne tarderont pas à « révéler. »

Voici, par exemple, une conséquence des principes posés par l'auteur relativement aux dimensions des bobines induites des machines dynamo-électriques qu'il nous est impossible d'admettre.

« (e). Théoriquement, puisque la fonction des bobines de l'arma- « ture (induit) est d'embrasser des lignes de force magnétiques, la « meilleure forme serait celle qui embrasserait la plus grande surface « avec le minimum de longueur, c'est-à-dire un cercle. Dans la machine « Houston-Thompson, l'armature est sphérique et les bobines circu- « laires ; et dans quelques armatures à anneau, la section de cet anneau « est elle-même circulaire. Une armature à tambour (Siemens) dont la « section longitudinale est rectangulaire, devrait être aussi large que « longue pour présenter le maximum de surface avec la moindre « longueur de fil. Des convenances de construction semblent dicter « l'augmentation des dimensions longitudinales (page 32). »

L'erreur commise par M. Silvanus Thompson vient de ce qu'il n'a pas tenu compte d'un facteur qui *impose* l'augmentation des dimensions longitudinales ; ce facteur est la vitesse de translation maxima du fil. Pour une vitesse angulaire donnée, et une longueur de fil donnée, la section circulaire de la bobine est bien la plus convenable, mais elle conduit à une vitesse à l'équateur beaucoup plus grande que la forme rectangulaire allongée.

Il est d'ailleurs évident que l'allongement de la bobine a pour effet, toutes choses égales d'ailleurs, de réduire la longueur des parties parasites à un minimum ; il ne faut donc pas chercher à faire des bobines de section carrée, mais bien des bobines allongées, contrairement au principe posé par M. Silvanus P. Thompson.

Nous signalerons encore, page 81, l'assimilation de l'action de la self-induction dans les machines à courant continu à un *accroissement de résistance :* c'est là un rapprochement inutile et inexact, et de nature à tromper sur la véritable nature de l'action physique exercée.

Page 124, M. Thompson attribue 24 balais à la machine multipolaire de M. Gramme. Elle n'en a que douze, et c'est déjà beaucoup trop.

En signalant ces points spéciaux sujets à la critique, nous ne faisons que répondre au désir exprimé par l'auteur, et si nous voulions citer les parties dignes d'éloges, il nous faudrait reproduire presque tout le livre, et en particulier le chapitre tout entier consacré à la théorie graphique des machines dynamo-électriques.

Nous aurons d'ailleurs l'occasion d'y revenir pour en signaler les points essentiels. Disons à présent que l'auteur insiste, avec raison, pour que l'on adopte toujours, pour tracer les caractéristiques, la

même échelle pour les volts que pour les ampères, car en prenant des échelles différentes, une caractéristique mauvaise peut paraître satisfaisante et conduire à de fausses conclusions.

Le livre de M. S. Thompson est l'ouvrage didactique le plus complet que nous ayons sur les transformations mutuelles de l'énergie électrique et de l'énergie mécanique ; il constitue le guide indispensable de l'ingénieur et du constructeur électricien qui veulent établir de bonnes machines, non plus à l'aide des règles empiriques, mais en s'appuyant sur les lois fondamentales de la science électrique. E. H.

FAITS DIVERS

—

Inauguration d'une usine centrale d'électricité a Berlin. — La Compagnie Edison allemande a inauguré dimanche 13 septembre sa première grande usine centrale pour la production et la livraison à domicile de l'énergie électrique sous forme de courant. Cette usine, située dans le sous-sol d'un immeuble de la *Friederichstrasse*, appartenant à cette Société, peut alimenter 2000 lampes à incandescence de 16 b. n. et 18 à arc à l'aide de 4 grandes dynamos pour les premières et de 3 autres pour les dernières, actionnées chacune directement par une machine à vapeur de 65 chevaux et marchant à 275 tours. La vapeur est produite par 3 chaudières tubulaires de 100 m. q. de surface de chauffe chacune, placées sous la cour.

Le courant produit par les 4 premières dynamos se rend au travers de fortes barres de cuivre à un commutateur général qui le répartit sur les câbles et fils conducteurs du réseau. Ces derniers sont munis chacun d'un compteur Edison destiné à contrôler l'énergie fournie aux divers clients et d'appareils spéciaux que le mécanicien a à sa portée et qu'il peut consulter pour savoir si les lampes brûlent dans des conditions normales, si les conducteurs fonctionnent bien, combien de lampes sont allumées, etc., etc.

Il a également à sa disposition des régulateurs qui lui permettent de proportionner ses moyens aux besoins de la clientèle. Des précautions toutes spéciales ont permis d'amortir les bruits de la rue et des machines qui marchent dans le silence le plus absolu.

—

Ouverture de l'Exposition internationale d'électricité a Philadelphie. — L'Exposition internationale d'électricité à Philadelphie, a été inaugurée le 2 septembre dernier en présence de plusieurs milliers de personnes. On ne compte guère cependant d'exposants qui aient complètement terminé leur

installation, et parmi ces derniers on ne peut citer que l'*Ordnance and Marine-Department* des États-Unis, la maison *Schleicher*, *Schlumm et C*° (moteurs à gaz spéciaux pour dynamos), *Flamming* (appareils électriques de médecine et de chirurgie), *Spellier* (horlogerie électrique), *Edison*.

Cette exposition a donc ceci de commun avec toutes ses devancières qu'elle n'est pas prête le jour de son inauguration et qu'elle ne le sera que quelques semaines après. Les invités ont été reçus par le major Smith dans la salle des conférences qui a été disposée dans un des bâtiments de la gare des chemins de fer de Pensylvanie. Le Comité s'est ensuite dirigé en cortège, ayant en tête Col. Banes, vers la nef principale, où le Rév. J. S. Mac. Jutosh lui a servi un long sermon, et la *Germania Orchester* un concert de musique sacrée. — M. Wm. B. Tatham, président du *Franklin-Institute*, a fait alors un speech, où, remontant au déluge, il a développé de quelle façon l'homme avait appris à asservir les forces de la nature, pour arriver enfin à parler de l'électricité dans les termes suivants :

« Il y a cent trente ans que Franklin lança non loin d'ici ses cerfs-volants à l'aide desquels il soutira la foudre des nuages, et qu'il démontra qu'elle était due à des phénomènes électriques. Mais, sous cette forme, l'électricité était trop violente, trop sauvage pour se prêter aux besoins de l'homme. Au commencement de ce siècle, on a découvert une forme beaucoup plus souple de cette force, l'électricité chimique, et cette dernière conduisit à la découverte du magnétisme qui est la forme qui se prête le mieux aux applications. C'est elle qui nous éclaire avec un éclat qui rivalise avec celui du soleil, qui transporte nos dépêches avec une rapidité et une commodité dépassant toute imagination, qui donne de si merveilleux résultats dans le domaine de la chimie et de la métallurgie.

« Et cependant les applications de l'électricité sont encore dans l'enfance; mais si nous ne savions prévoir leur extension future, du moins nous pouvons exposer leur état actuel. C'est le but que se sont proposés d'atteindre MM. les directeurs du *Franklin-Institute*, en réunissant devant les yeux du public les résultats scientifiques et pratiques obtenus. Les nations que nous avons invitées sont représentées ici par leurs délégués, leurs commissaires, leurs savants, leurs œuvres. M. le Gouverneur de la Pensylvanie ici présent a bien voulu accepter notre invitation et présider cette inauguration. »

« Nouveau morceau exécuté par l'orchestre et discours du gouverneur, *Robert E. Patinson*, dans lequel il rappelle que Philadelphie est le berceau de la science électrique en Amérique, tant comme le centre industriel du pays, que comme la résidence de l'Académie des Sciences la plus célèbre, le *Franklin-Institute ;* c'est donc à cette ville que revenait l'honneur de posséder la première exposition américaine d'électricité, et il espère qu'avec l'aide de Dieu, ses conséquences seront des plus heureuses pour la ville, l'État et la Nation, comme pour le développement de cette jeune science. Au nom du Comité, il déclare donc que l'exposition est ouverte ».

A ce moment les cloches et carillons électriques se mettent en branle, les machines, les dynamos commencent à tourner, et les lampes à arc d'Edison, suspendues aux combles, rivalisent d'éclat avec les rayons solaires.

Des milliers de visiteurs envahissent l'Exposition et s'ébahissent devant cette quantité de machines et d'appareils que bien peu avaient déjà vus.

Les générateurs de vapeur situés dans des hangars derrière le palais n'étant pas suffisants pour toutes les machines, on a eu recours en outre à plusieurs locomotives qui, à cet effet, ont été pourvues de hautes cheminées, et à une grande locomobile. Le jour de l'inauguration, les chaudières n'étant pas encore en état de fonctionner, toute la partie du palais est restée dans l'obscurité. Cette circonstance a été très propice à la maison *James Queen et C°*, qui, à l'aide de fortes machines électriques dites statistiques a pu obtenir des étincelles de 20 centimètres de longueur qui imitaient parfaitement l'éclair.

La grande fontaine qui forme le centre du Hall principal, produit un très bel effet. Des gerbes d'eau s'élancent du sommet d'un cône élevé au milieu du bassin et traversent un jet en forme d'ombrelle. Huit nouveaux jets dirigés au contraire vers le sommet du cône enveloppent des appareils électriques dont la lumière reflétée sur l'eau donne l'illusion de rayons d'or liquide; d'autres gerbes empruntent leurs brillantes couleurs à l'arc-en-ciel.

—

Pieds et pouces. — Le système préhistorique des unités de mesure encore en usage en Angleterre est fortement battu en brèche, surtout dans le pays même qui lui a donné le jour. En voici pour preuve un extrait d'une communication faite récemment à la *Society of Telegraph-Engineers and Electricians* de Londres, par M. W. H. Preece, l'ingénieur bien connu du Post-Office, pour rendre compte des travaux du Congrès des Électriciens tenu à Paris en avril dernier :

« ... Qui sait ce qu'est le pied ou le pouce? Rien au monde n'est plus dépourvu de sens et personne ne peut dire ce qu'est un pouce, si ce n'est *trois grains de blés mis en ligne*. Et le système de mesure auquel nous nous soumettons avec cette ténacité insensée (*foolish pertinacity*), pour lequel nous manifestons des sentiments si conservateurs, est basé sur la grosseur d'un grain de blé placé en un point donné d'un épi. C'est là le système établi par acte du Parlement ! C'est lui qui contrôle l'immense commerce de notre pays; un épi de blé, c'est là la base aussi petite que ridicule et folle sur laquelle repose notre industrie !...

—

L'Éclairage par le magnésium. — On a installé à Charlottenburg (Prusse) une fabrique de magnésium pour obtenir ce métal à bas prix au moyen de l'électrolyse. A cet effet, il a été projeté une machine de 100 chevaux devant actionner 4 dynamos. On espère, d'après les premiers essais, en produire journellement 150 kilogrammes, et que le prix de revient ne dépassera pas 25 francs le kilogramme. Dans ces conditions de prix, il y aurait lieu à l'application sur une vaste échelle de magnésium à l'éclairage et l'on en aurait offert de grandes quantités aux ministères de la guerre et de la marine.

La nouvelle jauge des fils en Angleterre. — On sait que l'*Électricien* s'est toujours énergiquement opposé à l'emploi des jauges et au numérotage des fils, estimant que l'indication du diamètre en millimètres, dixièmes ou centièmes de millimètres, est le seul et unique moyen d'éviter toute confusion. Comme la jauge de fil connue en Angleterre sous le nom de B. W. G. *Birmingham Wire Gauge*, n'était nullement fixée et variait d'un constructeur à l'autre, le *Board of Trade* a décidé de rendre légale une nouvelle jauge, ce qui ne fait qu'augmenter la confusion, car les industriels ne savent comment la désigner. Les uns l'appellent I. W. G. (*Imperial Wire Gange*), d'autres S. W. G. (*Standart Wire Gange*), d'autres, B. T. W. G. (*Board of Trade Wire Gange*), etc., etc.

Puisque nos voisins ne peuvent se décider à abandonner les pieds et les pouces, pourquoi ne pas se contenter de désigner les fils par leurs diamètres en centièmes ou en millièmes de pouce ? Encore une décision comme celle que nous critiquons, et l'on finira par ne plus rien comprendre du tout au numérotage des fils. La routine et le préjugé sont de bien belles choses !...

—

Une nouvelle pile thermo-électrique. — Le professeur *Vincent Riatti* vient de construire une nouvelle pile thermo-électrique basée sur la production d'électricité due à la différence de température de deux parties d'un seul et même liquide. Cette pile est constituée essentiellement par un récipient de bois ou de porcelaine traversé par deux tuyaux de cuivre fixés à une certaine distance l'un de l'autre ; le tuyau supérieur est parcouru par de la vapeur d'eau, dans le tuyau inférieur coule de l'eau froide. Le récipient contient une dissolution de sulfate de cuivre. Le circuit étant fermé, le cuivre d'un des tuyaux se dissout et se dépose sur l'autre. On comprend facilement qu'une telle pile soit très constante et ne soit pas susceptible de polarisation. Les mesures des constantes relatives à cette pile n'ont pas encore été publiées.

(*Centralblatt.*)

—

Un nouveau moteur. — Les moteurs à gaz, comme les moteurs hydrauliques, présentent l'avantage précieux d'être prêts à fonctionner à tout instant et sans préparatifs préalables ; les machines à vapeur ne peuvent au contraire être mises en mouvement, que lorsque le générateur a atteint la pression voulue, mais, d'autre part, elles peuvent être utilisées partout, tandis que l'application des moteurs précités est restreinte aux localités pourvues d'une canalisation de gaz ou d'eau.

Le *moteur à pétrole* réunit ces deux avantages : fonctionnement immédiat, suppression de la canalisation, et par suite application possible en tout lieu et à tout instant. Cette *mobilité* ouvre un vaste champ à l'utilisation de ces nouveaux moteurs ; elle permet d'employer ces appareils dans les campagnes, les forêts, les mines, dans tous les transports par terre et par eau, de produire instantanément à l'aide de dynamos la lumière électrique dans n'importe quel lieu ; dans l'exploitation des chemins de fer, elle se prête admirablement pour actionner les pompes, les disques, les grues, etc., etc.

La difficulté résiderait, semble-t-il, dans l'inflammation du mélange

détonant, et elle aurait été résolue par M. *Siegfried Marcus*, de Vienne (Autriche), qui a pris un brevet pour l'inflammation des gaz et liquides explosibles au moyen d'un contact par frottement et échappement brusque et d'un générateur magnéto-électrique.

A moins d'entrer dans une longue et munitieuse description de l'appareil de l'inventeur que l'on trouvera d'ailleurs dans le numéro de la *Zeitschrift für Elektrotechnik*, du 15 septembre dernier, il faut se borner à dire que l'inflammation est produite par l'étincelle d'extra courant résultant de l'interruption du circuit d'une bobine d'induction au moment de sa désaimantation ou du changement de polarité du fer doux situé à l'intérieur de la bobine.

A cet effet, les extrémités des fils de la bobine, entre lesquelles doit partir l'étincelle sont disposées de manière à se rapprocher de l'intérieur du récipient où doit se faire l'explosion, à glisser l'une sur l'autre, pour se séparer ensuite brusquement.

Ces déplacements sont réglés relativement à la rotation de l'appareil magnéto-électrique de façon que les extrémités des fils précitées se touchent pendant l'aimantation et se séparent brusquement, au contraire, en frottant l'une contre l'autre au moment de la désaimantation ou du changement de polarité.

Éclairage électrique de la gare de Bonn. — La nouvelle gare de Bonn qui sera inaugurée le 1er avril prochain sera éclairée en grande partie à la lumière électrique, le gaz n'étant prévu que pour les messageries et les communs. L'éclairage électrique se fera suivant les cas, avec des lampes à incandescence ou à arc. C'est ainsi que la salle des Pas-Perdus et les deux salles d'attente seront éclairées chacune par une lampe différentielle de Siemens de 700 jusqu'à 1400 b. n., tandis que les salons, bureaux, et autres lieux, posséderont ensemble 80 lampes à incandescence. Le perron, et la place d'accès de la gare seront illuminés par des lampes à arc de la même puissance que celles déjà nommées.

Ces lampes sont disposées de manière à éviter une extinction simultanée; à cet effet, on installera trois circuits en communication chacun avec une dynamo Siemens spéciale; une quatrième dynamo en réserve est prévue en outre, pour parer à toute éventualité et sera actionnée par un moteur spécial. Les 80 lampes à incandescence, type Edison, seront alimentées par une dynamo du même constructeur. Les moteurs seront 2 machines Compound de 19 chevaux chacune, et les générateurs des chaudières tubulaires type locomobile. Chacun de ces moteurs pouvant développer 25 chevaux au besoin serait suffisant pour alimenter l'éclairage.

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9815 — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

SUR LES ÉLECTRO-DYNAMOMÈTRES

(2e article[1])

En soumettant à ce genre d'essai un système de deux bobines plates d'environ 6 centimètres de diamètre intérieur et recouvertes de fil numéro 50, donnant sur chacune d'elles une résistance de 3000 ohms, on trouve pour le temps τ une valeur de $\frac{1}{10\,000}$ de seconde, lorsque les bobines, placées l'une très près de l'autre et parallèlement, sont traversées par le courant en sens inverse. Cette valeur de τ comparée à T, qui ne descend guère au-dessous de $\frac{1}{1000}$ de seconde dans les machines à courants alternatifs employées, donnera au terme $4\pi^2\left(\frac{\tau}{T}\right)^2$ une valeur de quelques millièmes : c'est là une erreur parfaitement acceptable dans le plus grand nombre des applications. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que cette erreur s'appliquerait au cas extrême où l'on voudrait comparer l'une à l'autre les amplitudes de deux différences de potentiel périodiques, lorsque la différence de leurs nombres d'inversions par seconde atteint une centaine ; c'est là un cas qui se présentera assez rarement ; le plus souvent, on aura seulement à évaluer $\int \varepsilon dt$ sans connaître exactement, à un moment donné, le nombre de tours de la machine génératrice. En ce cas, un instrument construit avec les deux bobines étudiées suffira amplement pour fournir des observations comparables.

L'enroulement qui doit former le champ directeur de l'électro-dynamomètre sera donc constitué par ces deux bobines A et B (fig. 1), placées très près en regard l'une de l'autre et parcourues en sens inverse par le courant. Il s'agit maintenant de placer dans le champ assez complexe qui occupe le creux intérieur un courant mobile léger ou une pièce de fer doux qui permette de mesurer la force directrice.

[1] Voy. l'*Électricien* du 15 octobre 1884, n° 85, p. 337.

Une première solution consiste dans l'emploi du courant astatique représenté figure 1 et auquel on fait faire seulement une cinquantaine de tours sur un disque de liège verni. Au seul aspect de ce circuit, on comprend aisément que chacune des demi-circonférences situées à droite ou à gauche de la ligne EF étant

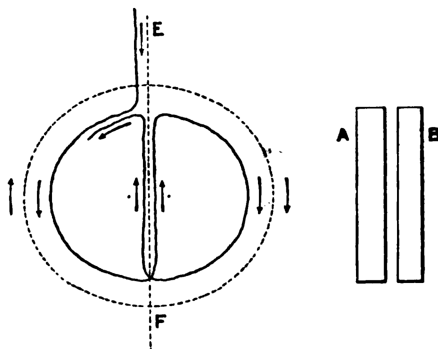


Fig. 1.

placée dans le plan de séparation des bobines, subira de la part de ces dernières des actions attractives ou répulsives qui s'ajouteront, et donneront en définitive un couple directeur (le cercle pointillé extérieur représente le courant d'une des bobines).

Il suffira donc de suspendre le disque portant cet enroulement dans la cavité des bobines par un système bifilaire, en ayant soin de faire coïncider sa position d'équilibre avec le plan de séparation des enroulements fixes : un miroir fixé au disque permettra aisément d'en constater la déviation et même, par un procédé expérimental bien connu, d'évaluer l'intensité de la force directrice.

Un détail important dans la construction de ce type d'électrodynamomètre comme de plusieurs autres, et en particulier de ceux auxquels on demande une assez grande sensibilité, est la disposition prise pour amener le courant dans le circuit mobile. On peut d'abord employer pour cela les deux fils de la suspension ; mais il faut alors qu'ils soient assez gros pour ne pas s'échauffer sensiblement, et l'on est conduit en conséquence à leur donner une longueur assez incommode ; c'est la disposition de l'appareil de Weber. La balance de M. Lallemant, l'électro-dynamomètre industriel de Siemens, et quelques autres appareils ont au con-

traire des prises de courant constituées par des fils plongeant dans des godets à mercure (fig. 2). Ce système, excellent pour des forces directrices notables, ne laisse pas que d'être d'un réglage assez difficile, lorsqu'il s'agit d'instruments à grandes résistances. Les fils plongeant dans le mercure offrent en effet un obstacle véritable au mouvement de l'aiguille, pour peu que les godets soient écartés de l'axe de rotation. En les écartant de

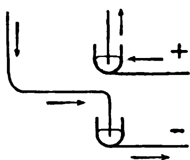


Fig. 2.

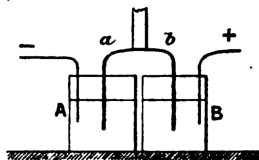


Fig. 3.

1 ou 2 centimètres, on finit même par pouvoir placer l'aiguille en équilibre dans une infinité de positions, malgré la force du bifilaire.

Nous avons obtenu d'assez bons résultats en composant la prise de courant du circuit mobile ainsi qu'il suit : Les deux bouts du fil de ce circuit sont soudés à deux fils de cuivre mince *a* et *b*, formant une sorte de fourchette à l'extrémité inférieure de l'axe de suspension. On fait plonger les deux brins *a* et *b* dans deux vases larges A et B, remplis d'une dissolution saturée de sulfate de cuivre, et où le courant est conduit par des électrodes également en cuivre.

L'instrument étant destiné à l'étude de courants alternatifs, l'emploi d'un électrolyte n'a pas d'inconvénients : il ne se fait aucun transport de métal sur les fils mobiles, et ils ne subissent pas de polarisation appréciable. L'emploi du système cuivre sulfate de cuivre a d'ailleurs pour but d'éliminer cette polarisation, pour le cas où l'on voudrait graduer l'appareil au moyen des courants continus d'une pile, ce qui est le moyen le plus commode et le plus sûr. On peut vérifier que la polarisation des fils de cuivre est négligeable, en constatant que l'instrument dévie de la même quantité pour un courant continu ou alternativement renversé au commutateur.

L'emploi du circuit mobile avec cette disposition est un peu

plus compliqué que celui des mobiles magnétiques ; mais il doit donner des résultats plus réguliers et plus certains. La prise de courant n'oppose au mouvement du circuit qu'une très faible résistance lorsque les vases A et B sont assez larges pour éviter les actions capillaires au voisinage des bords : le zéro de l'appareil est complètement invariable en employant une suspension bifilaire de 7 à 8 centimètres de longueur et 2 à 3 millimètres d'écartement. Comme le circuit mobile est, ainsi que nous l'avons remarqué, absolument astatique, il est insensible à l'action du champ terrestre, et même d'un champ magnétique beaucoup plus puissant dans l'étendue duquel on l'aurait placé.

On peut même ajouter que l'appareil n'est probablement pas sensible à l'induction produite dans son circuit fixe par la variation brusque d'un champ magnétique énergique. Le circuit mobile en effet ne peut être dévié que par un courant circulant en sens contraire dans les deux bobines ; comme elles sont extrêmement rapprochées, il est bien difficile que la variation du flux de force qui les traverse, *due à des causes extérieures*, n'y développe pas des courants de même sens qui resteront sans effet sur les indications.

L'appareil est d'ailleurs presque entièrement apériodique, la résistance du liquide en A et B sur les fils formant un amortisseur très énergique.

Bien que cette disposition fournisse ainsi des résultats assez satisfaisants, il nous a paru intéressant d'étudier l'emploi des aiguilles magnétiques qui ont été à diverses reprises appliquées à la mesure des courants alternatifs[1].

Dans un champ magnétique d'intensité variable, mais où la distribution des lignes de force est à peu près uniforme dans une petite étendue, on peut dire le plus simplement qu'une aiguille magnétique allongée se place de telle façon que ses plus grandes dimensions linéaires coïncident avec les lignes de force[2]. Cette proposition ne serait pas absolument exacte dans le cas général ; mais elle suffit pour prévoir les phénomènes dans les

[1] Notamment par MM. Ayrton et Perry, et plus récemment par M. Bellati ; on peut également citer l'étude détaillée entreprise à ce sujet par M. L. Cheerman au laboratoire de Helmholtz (*Compt. rend. de l'Acad. de Berlin*, juillet 1882).

[2] [Mascart et Joubert, p. 436].

champs symétriques formés par les bobines. Ainsi dans le cas d'une bobine cylindrique à enroulement simple, une aiguille de fer doux allongée faisant un petit angle avec l'axe tendra à se placer suivant cet axe.

C'est ainsi que se comportent l'électro-dynamomètre de M. Bellati et celui d'Ayrton et Perry, ou la boussole de M. Cheerman ; ce dernier instrument possède, il est vrai, une aiguille d'acier aimanté, mais elle n'agit que par son magnétisme instantané.

Avec le système des deux enroulements de sens contraire que nous employons, les lignes de force sont distribuées assez uniformément dans le voisinage du plan de séparation des enroulements, et elles sont sensiblement parallèles à ce plan. Le mobile magnétique le plus convenable sera donc un léger disque de fer doux faisant un angle de quelques degrés avec le plan de séparation.

Avec un disque de $\frac{1}{10}$ de millimètre d'épaisseur percé au centre et portant des entailles rayonnantes, on obtient des déviations notables pour un courant de moins de $\frac{1}{2000}$ d'ampères (ou une force électromotrice aux bornes de 0,5 volt) les bobines étant couplées parallèlement.

L'emploi des mobiles magnétiques est donc assez satisfaisant au point de vue de la sensibilité des appareils, même à grande résistance. Il prête néanmoins à quelques critiques sur lesquelles nous espérons avoir occasion de revenir. G. CHAPERON.

LA SELF-INDUCTION

ET LES MACHINES A COURANT CONTINU

Dans un article précédent[1], nous avons exposé les raisons qui, dans les machines à courants alternatifs, conduisent à la

[1] Voy. l'*Électricien* du 1er octobre 1884, n° 84, p. 289.

suppression des noyaux de fer doux de l'induit et à la réduction de leur coefficient de self-induction à un minimum. Nous nous proposons d'établir aujourd'hui la nécessité des mêmes modifications en ce qui concerne les machines à courant continu à collecteur, et plus spécialement les machines de haute tension à fil fin. Nous nous appuierons à cet effet sur les considérations des *flux de force* développées dans les *Leçons sur l'électricité et le magnétisme* de MM. Mascart et Joubert, pp. 559 à 616.

L'établissement d'un courant dans un circuit correspond à un certain travail absorbé au début du courant, probablement par le milieu, et restitué au moment où les forces électromotrices disparaissent. Ce travail est celui qu'il faut dépenser pour amener le champ de 0 à son état actuel. Il a pour valeur, pour un circuit donné, la moitié du produit de l'intensité du courant par le flux de force qui le traverse.

MM. Mascart et Joubert font remarquer[1] que cette portion de travail est sous une forme d'énergie qu'il ne semble pas possible de préciser dans l'état actuel de la science. On ne peut dire, par exemple, si elle existe à l'état d'énergie potentielle ordinaire, comme serait la tension d'un corps élastique, ou d'une énergie actuelle, consistant dans le mouvement d'un fluide particulier, ou bien encore sous les deux formes à la fois; ou si elle est localisée dans le circuit traversé par le courant, ou, suivant les idées de Faraday et de Maxwell, répandue dans le milieu tout entier.

La valeur de l'énergie potentielle dépensée pour amener le champ produit par un circuit depuis sa valeur 0 jusqu'à celle qui correspond à une intensité I a donc pour valeur :

$$W = \frac{IU^2}{2}. \qquad (1)$$

U étant le coefficient de self-induction du circuit;
I l'intensité du courant.

Ceci va nous permettre de calculer facilement la perte due à

[1] *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*, § 524, p. 571.

la self-induction dans une armature à collecteur quelconque, un anneau Gramme, par exemple. Soit :

p le nombre de torons que renferme l'anneau;

u le coefficient de self-induction d'un toron;

i l'intensité du courant qui le traverse.

L'énergie dépensée pour amener le toron à l'intensité de champ correspondant à l'intensité i est :

$$\frac{ui^2}{2}.$$

Lorsque le toron passera au-dessus d'un balai, cette énergie sera détruite, le toron se trouvant en court circuit, ce qui se traduira par une étincelle au balai et un échauffement supplémentaire du fil. La machine faisant n tours par seconde, renfermant p torons, et la perte due à la self-induction se produisant deux fois par tour (une fois à chaque balai), l'énergie totale perdue par unité de temps sera égale à,

$$npui^2.$$

Mais l'intensité i qui traverse la bobine n'est que *la moitié* de l'intensité I fournie par la machine, puisque les deux moitiés de cette bobine sont en dérivation. La perte réelle d'énergie par seconde est donc égale à

$$\frac{npuI^2}{4};$$

Et en désignant par U le coefficient de self-induction de l'anneau entier :

$$\frac{nUI^2}{4}. \qquad (2)$$

En exprimant U en centimètres et I en unités C. G. S. la formule (2) donne la valeur de la perte en *ergs* par seconde.

Pour l'exprimer en *watts-seconde*, il faudrait diviser le nombre donné par la formule (2) par 10^7.

Si l'on exprime U en centimètres et I en ampères, le résultat fourni par la formule (2) divisé par 10^5 donnera la valeur en

watts-seconde de l'énergie perdue par l'effet de la self-induction.

Certains auteurs — MM. Ayrton et Perry, et M. Silvanus P. Thompson en particulier — considèrent cette perte comme due à un *accroissement de résistance* de la bobine, accroissement qui aurait pour valeur :

$$\frac{nU}{4}.$$

Dans cette hypothèse, cette résistance apparente fictive serait proportionnelle à la vitesse de la machine.

Il est difficile de concevoir comment une quantité physique, constante par sa nature comme la résistance, et ne dépendant que de l'état moléculaire, peut varier proportionnellement à la vitesse de rotation de la machine.

Il est plus simple de représenter le travail perdu comme résultant, ainsi que cela est en réalité, de l'effet de la force électromotrice de self-induction, force électromotrice proportionnelle à la fois à U, à n et à I. L'activité perdue est alors un produit de la forme EI et doit s'écrire :

$$\underbrace{\frac{nUI}{4}}_{\text{Force électromotrice de self-induction.}} \times \underbrace{I.}_{\text{Intensité du courant.}}$$

Nous devons donc chercher, dans la construction des machines dynamo-électriques, à réduire le terme $\frac{nUI^2}{4}$ à un minimum, et le seul moyen dont nous disposions est de réduire le coefficient de self-induction U. Malheureusement ce coefficient de self-induction augmente très vite à mesure qu'on multiplie le nombre de tours de fil sur la bobine, et cela crée une infériorité obligée des machines à fil fin dites *de tension* sur les machines à gros fil dites *de quantité*.

L'expérience a montré que certaines formes d'armature qui fonctionnent sans étincelles et avec un calage très constant lorsqu'elles sont enroulées avec quelques tours seulement de gros fil de faible résistance, donnent au contraire de grosses étincelles et exigent un calage variable lorsqu'elles sont enroulées

d'un plus grand nombre de tours de fil plus fin, afin de fournir une grande force électromotrice.

Les expériences qui doivent avoir lieu dans quelques mois entre Creil et Paris, avec les machines de M. Marcel Deprez, nous apporteront sur ce point spécial des renseignements précieux, et nous estimons qu'il sera très utile de mesurer avec le plus grand soin les coefficients de self-induction des bobines de la génératrice et des réceptrices. On ne peut donner aucun chiffre indiquant la perte due à la self-induction des machines à courant continu construites jusqu'ici parce que personne, à notre connaissance du moins, n'a donné le coefficient de self-induction d'une bobine d'une machine. C'est là un chiffre utile à connaître et qui, dans quelques années, figurera couramment dans les *constantes* des machines.

Nous publierons prochainement quelques méthodes qui permettent de mesurer simplement et rapidement ces coefficients de self-induction.

La formule (2) montre que la perte due à la self-induction est indépendante du nombre de torons p; il n'y a donc pas intérêt, du moins à ce point de vue, à multiplier le nombre des bobines partielles qui composent l'armature. Mais M. Clausius a montré, dans sa *Théorie des machines dynamo-électriques*, qu'après qu'une bobine passant sur un balai a été mise en court circuit, elle exerce une action inductrice nuisible sur les bobines voisines placées en avant par rapport au mouvement de rotation. C'est un effet dû à l'*induction mutuelle* des bobines élémentaires les unes sur les autres et qui, pour une région donnée, augmente avec le coefficient d'induction mutuelle des bobines : il est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnel au nombre de tours de chaque bobine élémentaire. On peut donc arriver à le réduire en diminuant le nombre de tours de fil dans chaque bobine élémentaire, c'est-à-dire en multipliant le nombre des sections.

La perte due à la self-induction croît proportionnellement à la vitesse et au nombre de tours de fil sur les bobines; le seul moyen d'augmenter la puissance d'une machine sans accroître proportionnellement les influences nuisibles est l'accroissement du champ magnétique. On pourra ainsi obtenir une f. é. m.

donnée avec un fil induit moins long et sans augmentation de vitesse. La machine idéale de l'avenir, dit M. Silvanus P. Thompson, aura un seul tour de fil pour chaque section ; elle ne demandera pratiquement aucune avance dans le calage des balais, ne produira aucune étincelle, et sa résistance sera pratiquement *nulle*.

Nous ajouterons qu'elle devra, pour réaliser ces conditions, avoir un coefficient de self-induction minimum, ce qu'on ne pourra obtenir que par la suppression des noyaux de fer doux à l'intérieur des armatures. Ce progrès déjà réalisé dans les machines à courants alternatifs récentes est non moins important à réaliser dans les machines à courant continu, et en particulier dans les machines à force électromotrice élevée, telles qu'on les emploie pour l'éclairage électrique à arc et le transport de la force. E. Hospitalier.

P. S. — Cette question si importante du rôle de la self-induction dans les machines dynamo-électriques a été l'objet d'une correspondance échangée entre M. Silvanus P. Thompson et nous. Voici ce que nous écrit M. Thompson à la date du 27 octobre :

« Je n'ai jamais dit, comme MM. Ayrton et Perry, que l'on pourrait « exprimer U en *ohms* comme résistance. Tout ce que j'ai dit c'est que « l'on pourrait avec exactitude écrire $\frac{nU}{4}$, ou mieux $\frac{U}{4T}$ comme résis- « tance fictive (*spurious*) en ohms, ce qui n'est pas la même chose. »
S. P. T.

C'est précisément ce que nous faisons dire à M. Thompson ci-dessus, page 392, en attribuant la même opinion à MM. Ayrton et Perry, nous avons corrigé une erreur manifeste de leur part, car il est évident qu'une longueur ne peut pas s'exprimer en ohms.

En résumé, voici en quoi nous différons de manière de voir avec M. S. Thompson : M. Silvanus Thompson considère l'activité perdue par la self-induction comme égale au produit d'une résistance par le carré de l'intensité du courant ; nous croyons plus juste et plus conforme à la réalité des choses de considérer l'activité perdue comme égale au produit d'une force électromotrice par l'intensité du courant.

Au point de vue mathématique, le résultat est toujours homogène et strictement rigoureux. Nous saurions gré à nos lecteurs de prendre part à la discussion et de nous faire connaître de nouvelles raisons pour ou contre dans la question dont il s'agit. E. H.

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES

PAR LES MÊMES FILS

SYSTÈME F. VAN RYSSELBERGHE

—

(2e ARTICLE[1]).

—

EXPÉRIENCES

I

Les premiers essais de téléphonie à grande distance en utilisant les fils du télégraphe, alors que M. Van Rysselberghe songeait à résoudre le problème en rendant la voix du téléphone assez puissante pour arriver à dominer les bruits d'induction, eurent lieu le 16 janvier 1882, entre Bruxelles-Nord et Anvers-Est. Mais la première expérience du système Van Rysselberghe, basée sur le principe de la graduation des courants en employant des condensateurs, eut lieu le 28 février 1882; on put causer par téléphone entre l'Observatoire royal de Bruxelles relié, comme on sait, à la station météorologique d'Ostende par un fil spécial placé sur les poteaux du télégraphe.

Le 4 du mois de mars de la même année, ces expériences étaient renouvelées, toujours avec le même succès, en pleine activité télégraphique, en présence de M. F. Delarge, directeur des télégraphes ; de M. Banneux, ingénieur en chef, et de M. Houzeau, le savant directeur de l'Observatoire royal de Bruxelles.

Au mois d'avril un essai, couronné de succès, fut fait entre Bruxelles et Anvers en utilisant un fil de la ligne souterraine d'Anvers sur une longueur de 1150 mètres de câble et de 88 kilomètres de fil aérien. Le circuit formé partait d'Anvers-Bourse, allait à Bruxelles-Nord et revenait par un autre fil à Anvers-Station.

Après avoir ainsi acquis la certitude que si l'on appropriait d'une manière générale le réseau télégraphique belge au système Van Rysselberghe, on pourrait causer par téléphone entre Bruxelles et les principales villes de la Belgique en utilisant les fils du télégraphe, il restait à démontrer la possibilité d'établir des communications téléphoniques internationales.

On songea donc à faire une expérience entre Bruxelles et Paris.

[1] Voy. l'*Électricien* du 15 octobre 1884, n° 85, p. 348.

Indépendamment de la distance (335 kilomètres), des difficultés de toute nature se présentaient qui devaient rendre ces essais extrêmement compliqués, car à l'entrée de Paris, par la direction du nord, se trouve un véritable fouillis de lignes télégraphiques très peu distantes les unes des autres et formant un ensemble de plus de 400 fils.

On aura une idée des difficultés très sérieuses qu'il y avait à surmonter si l'on songe que pour cette mémorable expérience scientifique, qui fera certainement époque dans l'histoire des communications électriques, il a fallu prendre au milieu du réseau télégraphique dont il vient d'être parlé un de ces 400 fils pour le faire servir à la double transmission télégraphique et téléphonique entre les deux capitales, pendant les essais qui furent faits les 16 et 17 mai 1882.

Dans la première expérience, qui eut lieu le 16 mai, on a pu transmettre *simultanément par le même fil* les deux dépêches suivantes :

DÉPÊCHE TÉLÉPHONIQUE PARLÉE

A Monsieur Cochery, *Ministre des postes et télégraphes.*

Je suis heureux d'être appelé à transmettre à Monsieur le Ministre des postes et télégraphes de France, au nom de l'Administration des télégraphes de Belgique, la première dépêche téléphonique à longue distance par un fil conducteur unique Nous enregistrons aujourd'hui une victoire nouvelle qui associera le nom de M. Van Rysselberghe aux noms glorieux de Graham Bell, de Hughes et d'Edison. Ce progrès est double, car la correspondance téléphonique s'effectue en ce moment par le même fil qui transmet une dépêche Morse à l'ingénieur Caël. Je suis certain d'être l'interprète de M. le Ministre des travaux publics, mon chef, en vous exprimant, Monsieur le Ministre, toute la satisfaction que nous éprouvons ici de voir nos relations avec la France rendues plus faciles encore.

Agréez, Monsieur le Ministre, nos respectueux hommages.

Banneux.
Ingénieur-Inspecteur des télégraphes.

DÉPÊCHE TÉLÉGRAPHIQUE TRANSMISE PAR L'APPAREIL MORSE ORDINAIRE

A Monsieur Caël, *Directeur-Ingénieur des télégraphes.*

Je prie Monsieur le Directeur-Ingénieur Caël de recevoir, par Morse, de Bruxelles à Paris, mes compliments les plus affectueux. La présente dépêche passée en même temps qu'un télégramme téléphonique à M. le Ministre Cochery sur l'unique fil qui nous relie en ce moment.

Banneux.
Ingénieur-Inspecteur des télégraphes.

M. Frank Geraldy, le rédacteur bien connu du journal universel d'électricité de Paris, *la Lumière électrique*, qui assistait aux expériences, s'exprime ainsi dans un article du 27 mai 1882 : « J'ai pu, « dit-il, constater que la conversation entre Paris et Bruxelles était « facile, la parole est très claire, il n'est pas nécessaire de parler très « haut, mais seulement d'une voix claire et bien articulée, ce qui est « du reste toujours réclamé par le téléphone. »

Il est à remarquer que les deux dépêches que nous venons de rappeler ont été passées à 8 heures 10 minutes du matin, alors que le

plein travail des bureaux avait commencé et que l'induction était déjà très considérable.

Ces expériences et leur résultat couronné de succès eurent un très grand retentissement ; aussi bien en France qu'en Belgique ; la presse fut unanime à exprimer l'espoir de voir le gouvernement prendre l'initiative de doter le pays d'un système complet de transmission téléphonique à grandes distances. Le 31 mai, les ministres Rolin, Graux et Gratry, assistèrent à de nouvelles expériences entre Bruxelles, Gand et Ostende et qui furent peut-être mieux réussies encore que les précédentes.

Mais d'autres succès étaient réservés à l'inventeur de cette admirable application du téléphone. En effet, le 9 juin 1882, en présence de M. Bourdeaux, ingénieur de la *Submarine telegraph Company*, et de M. Banneux, ingénieur en chef des télégraphes belges, le premier se trouvant à Douvres, le second à Ostende, on parvenait pour la première fois, tous les essais faits jusque-là ayant été infructueux, à transmettre la parole à travers le câble qui relie la Belgique à l'Angleterre.

Au moyen du téléphone placé à Douvres sur le fil, à la sortie même du câble, de façon à pouvoir neutraliser les influences nuisibles du réseau aérien vers Londres, on a parfaitement compris toute la conversation transmise d'Ostende aussi bien que de Bruxelles. Pour le prouver, l'expérimentateur placé à Douvres renvoyait par télégraphe toutes les communications qu'il recevait par téléphone, — soit, par exemple, de Bruxelles en passant par Ostende et la mer du Nord, — la parole franchissant ainsi pour la première fois une *distance de* 125 *kilomètres de fil aérien et* 100 *kilomètres environ de câble sous-marin.*

Après ces essais faits entre la Belgique, la France et l'Angleterre la Hollande voulut aussi expérimenter le système. Des installations complètes et définitives furent établies entre Amsterdam et Haarlem, de façon à permettre aux bureaux centraux téléphoniques de ces deux villes de communiquer entre eux par téléphone en utilisant les fils du réseau télégraphique de l'État.

Depuis lors le système fonctionne régulièrement.

La dernière expérience, et peut-être la plus importante de toutes celles faites jusque-là, eut lieu le 7 octobre 1882, en présence de M. le ministre des travaux publics, qui put ainsi consacrer officiellement le succès des essais du système de télégraphe et de téléphone simultanés par les mêmes fils, imaginé par notre compatriote M. F. Van Rysselberghe.

L'expérience fut des plus intéressantes. Trois personnes placées respectivement à l'Observatoire de Bruxelles, à Ostende et à Anvers,

ont pu engager des conversations entre elles par un seul fil placé sur les poteaux télégraphiques de l'État.

Quelque temps après ces expériences, un service régulier fut établi à Bruxelles entre la Chambre des représentants et les bureaux du journal *la Flandre libérale*, à Gand, afin de transmettre par téléphone les comptes rendus des séances parlementaires, les cotes de la Bourse, etc. Ces transmissions téléphoniques étaient faites en se servant du fil aérien placé sur les poteaux télégraphiques de l'État entre Bruxelles et Ostende et qui relie les appareils télémétéorographes inventés également, comme on le sait, par M. F. Van Rysselberghe, et placés aux deux observatoires d'Ostende et de Bruxelles.

Cette installation, comme le fait remarquer très justement M. Banneux, ingénieur en chef des télégraphes belges, « *est un exemple des* « *ressources que présente le système adopté pour obtenir l'indépendance* « *mutuelle* *leux services à l'aide d'un même fil.* »

II

A la suite des expériences que nous venons de rappeler et au sujet d'une demande de crédit pour la construction de 600 kilomètres de fils téléphoniques et de tout le matériel nécessaire à l'installation de ces lignes, la section centrale de la Chambre des représentants demanda à M. le ministre des travaux publics s'il était bien nécessaire de construire des fils spéciaux pour le téléphone et s'il n'était pas possible d'utiliser le réseau télégraphique actuel pour les transmissions verbales.

Voici en quels termes s'exprima M. Callier, représentant, rapporteur de la section centrale :

« La section centrale a demandé des éclaircissements à cet égard « au gouvernement, et il résulte des renseignements que M. le « ministre des travaux publics a bien voulu lui adresser, que depuis « l'époque du dépôt du budget des expériences ont été faites pour « établir la possibilité d'utiliser le réseau actuel aux correspondances « téléphoniques et télégraphiques simultanément, en appliquant les « dispositions imaginées par M. Van Rysselberghe. Ces expériences « ont réussi, et le gouvernement se propose d'appliquer le procédé de « M. Van Rysselberghe à toutes les lignes télégraphiques, ce qui permettra de disposer d'un réseau téléphonique dont le développement « sera beaucoup plus étendu.

« La dépense qu'entraînera cette application du système Van Rysselberghe à tout le réseau télégraphique, est évaluée à 150 000 francs.

« Le coût d'un réseau équivalent, *s'il eût fallu le construire spécialement* « *pour le téléphone, eût été de 3 millions.* »

Ajoutons qu'en outre il eût entraîné à une dépense annuelle de 300 000 francs pour frais d'entretien, ceux-ci étant généralement évalués à 10 pour 100 de la valeur du réseau.

Ces considérations ont engagé M. le ministre des travaux publics à approuver, le 14 décembre 1883, une convention par laquelle la maison Mourlon et Cie, de Bruxelles, s'engage à fournir tout le matériel nécessaire pour l'appropriation à la téléphonie et à la télégraphie simultanées de tout le réseau belge, dont le développement total est de 30 000 kilomètres de fils télégraphiques.

Afin d'exécuter cette convention dans les délais prescrits, MM. Mourlon ont été obligés de transformer leurs ateliers et de s'installer dans de vastes locaux au centre de Bruxelles.

Il fallait mettre au courant et former des ouvriers, monter un outillage complet et des plus perfectionnés pour une fabrication toute nouvelle d'appareils spéciaux qui, jusqu'à présent, ne se construisaient guère que pour les besoins restreints des laboratoires et des cabinets de physique, et qu'on ne pouvait se procurer qu'à des conditions assez onéreuses.

La construction, à Bruxelles, de tous les appareils quelconques embrassant l'ensemble du système a donné une impulsion très considérable à l'industrie électrique en Belgique, qui ne fera qu'augmenter par la suite, car il va falloir livrer aux différents pays qui en ont déjà fait la demande tout le matériel nécessaire à l'appropriation de leurs réseaux télégraphiques au système Van Rysselberghe.

En France, notamment, M. Cochery, ministre des postes et télégraphes, toujours désireux de faire profiter les administrations ressortissant à son département de toutes les inventions qui peuvent être utiles, n'a pas attendu l'inauguration du système de téléphonie à grandes distances pour appliquer en France l'invention de notre savant compatriote.

Une soumission présentée par MM. Mourlon a été approuvée, pour l'appropriation à la téléphonie des fils qui composent l'importante ligne de Rouen au Havre.

Grâce à la rapidité avec laquelle les appareils ont pu être livrés, grâce au concours actif et dévoué du personnel de l'administration des télégraphes et de la compagnie du téléphone Bell, l'inauguration du système Van Rysselberghe a eu lieu après une série d'expériences des plus intéressantes. Nous nous proposons d'y consacrer un chapitre spécial dans un prochain article.

Comme l'annonçait le *Moniteur officiel belge*, l'ouverture au public

du service téléphonique à grandes distances a eu lieu le 20 octobre.

« *Première étape vers un service international* », a dit M. l'ingénieur en chef Banneux. Acceptons-en l'augure et espérons que dans un avenir très rapproché nous pourrons, à toute heure du jour, correspondre par téléphone avec les principales villes de l'Europe.

CHARLES MOURLON.

COURBES DE SATURATION D'UN ÉLECTRO-AIMANT

Voici, à l'appui de la méthode graphique et comme preuve nouvelle de son utilité générale, une courbe construite par M. Silvanus P. Thompson[1] et montrant la relation entre le magnétisme d'un électro-aimant droit et l'intensité du courant qui le traverse.

Il faut en outre de l'électro-aimant : une batterie assez puissante; un ampère-mètre ou tout autre appareil convenablement disposé pour mesurer l'intensité du courant; une série de résistances variables pour faire varier l'intensité du courant, et enfin, un magnétomètre ou, à son défaut, une aiguille courte avec un index se mouvant sur une échelle divisée en degrés pour servir de magnétomètre.

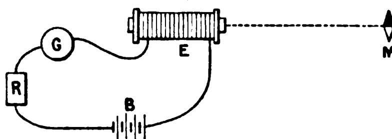


Fig. 1.

La figure 1 montre comment ces différentes pièces doivent être disposées. L'axe de l'électro-aimant est placé dans la direction est-ouest magnétique.

Chaque valeur du courant donne une certaine valeur de l'action magnétique. On construit alors, avec les valeurs trouvées, la courbe dans laquelle les intensités du courant sont portées en abscisses et les forces magnétiques correspondantes en ordonnées. La courbe présentera en général la forme représentée figure 2. On voit qu'elle se compose de deux parties, une partie qui s'élève sous un angle

[1] *Dynamo-Electric Machinery* par M. Sylvanus P. Thompson. Spon, éditeur. Londres.

assez ouvert et qui est sensiblement droite, depuis l'origine jusqu'à une certaine partie de sa longueur, et une seconde partie sensiblement droite, mais inclinée sous un plus petit angle, les deux parties étant réunies par une partie courbée. La première partie correspond à ce qui se produit lorsque le fer n'est pas saturé, la seconde à ce qui a lieu lorsque le noyau de fer est pratiquement saturé. La partie courbe intermédiaire correspond au cas intermédiaire où le fer s'approche de la saturation.

Dans cette courbe, deux effets sont produits simultanément : l'aimantation du noyau de fer et l'action magnétique de la bobine que traverse le courant.

Il est possible de séparer ces deux effets, car si on enlève le noyau de fer, et qu'on observe l'effet de la bobine seule, on obtient une série de résultats qui, reportés sur le diagramme, donnent la droite OB.

On peut tirer deux conclusions de la forme de cette ligne : 1° elle

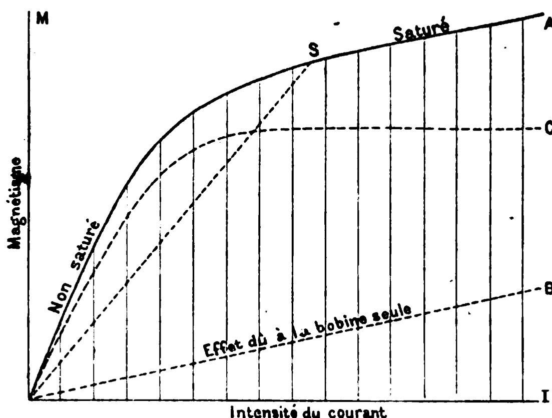


Fig. 2. — (Mettre la lettre O à l'origine des coordonnées).

est peu inclinée, parce que l'action magnétique de la bobine est faible par rapport à celui du noyau de fer ; 2° elle est parfaitement droite, parce que l'effet magnétique du courant est proportionnel à son intensité. En retranchant la seconde courbe de la première, on obtient la courbe OC, qui montre l'effet du noyau de fer seul.

On remarquera que, dans cette courbe OC, la seconde partie ess très exactement horizontale ; en d'autres termes, la bobine une foit arrivée à saturation est pratiquement incapable de s'aimanter davantage. Toute l'élévation ultérieure de la courbe OA après le point critique de saturation S est donc due à la bobine seule et non pas à une aimantation plus grande du noyau.

La courbe OC nous fait donc connaître graphiquement l'état de saturation du noyau sous l'influence de courants de diverses intensités, tandis que la courbe OA représente l'effet magnétique total de ces mêmes courants.

On pourrait obtenir la courbe due à l'effet du noyau seul, par un procédé direct en introduisant entre l'électro-aimant et le magnétomètre une bobine de compensation pour équilibrer exactement la partie de l'effet total dû à l'action magnétique directe des bobines. De semblables dispositions ont été déjà employées par Weber et M. Hughes[1]. Mais dans les dynamos actuelles, il est inutile de séparer ces deux actions, puisque le champ réel est dû aux noyaux et aux bobines agissant simultanément.

La quantité importante à connaître n'est pas l'intensité du courant d'excitation, mais le produit de cette intensité par le nombre de tours de fil sur la bobine.

L'aimantation produite par un aimant de 1 ampère faisant 1000 tours autour d'un noyau est égale à celle d'un courant de 10 ampères faisant 100 tours, en admettant que les tours de fil aient le même diamètre moyen dans les deux cas. Ce qu'il faut connaître, c'est donc plutôt le nombre d'*ampères-tours* que le nombre d'ampères.

Voici les résultats obtenus dans une série d'expériences faites avec une bobine faisant 500 tours sur un noyau de fer de 10 centimètres de long et 1 centimètre de diamètre. Les valeurs de la colonne M sont celles du moment magnétique calculé par les déviations produites sur le magnétomètre.

AMPÈRES i.	AMPÈRES-TOURS Si.	MOMENT MAGNÉTIQUE. M.
0,00	0	128
0,22	110	1 224
0,39	195	1 920
0,98	490	4 608
1,33	665	5 924
3,65	1825	17 472
4,6	2300	21 088
9,2	4600	27 875
9,4	4700	28 250

Ces chiffres traduits en courbes donnent une figure semblable à la figure 2.

[1] Le plus simple serait de placer la bobine compensatrice, non pas entre la bobine E et le magnétomètre, mais d'employer une seconde bobine *égale* et placée symétriquement de l'autre côté du magnétomètre et à une distance égale, traversée par le même courant, de manière à compenser à chaque instant l'action de la première.

En supposant que la relation entre le moment magnétique M et les ampères-tours Si puisse être exprimée par une équation de la forme :

$$M = G \frac{KSi}{1 + \sigma Si}.$$

G, coefficient dépendant des formes géométriques de la bobine et du point où l'on mesure le champ;

K, coefficient de perméabilité magnétique du noyau;

σ, coefficient de saturation;

S, nombre de tours de la bobine.

On trouve que les valeurs approximatives de GK et de σ sont, dans les expériences précitées :

$$GK = 14,8.$$

$$\sigma = 0,000\,319.$$

On remarquera que le noyau de fer possédait un léger magnétisme résiduel, puisqu'il produisait une certaine action magnétique même sans courant dans la bobine. Chaque fois que le cas se présente, la courbe part d'un point au-dessous de l'origine, et non pas de l'origine elle-même.

MESURES ÉLECTRIQUES PRATIQUES

Dans *l'Électricien* du 1er juin 1884 (n° 76, page 481), nous avons fait connaître en détail les différents modes d'emploi du galvanomètre Deprez-d'Arsonval pour la mesure des forces électromotrices, de la résistance intérieure des piles, des intensités et des décharges des piles et des accumulateurs.

Nous venons compléter aujourd'hui ces indications en reproduisant les principaux appareils qui servent à ces mesures et en donnant quelques renseignements pratiques sur la manière de les disposer.

La figure 1 représente le galvanomètre Deprez-d'Arsonval, sous sa dernière forme. Le socle est en ébonite et la cloche qui le recouvre est disposée pour qu'on n'ait jamais besoin de la retirer, sauf dans le cas accidentel de rupture des fils de suspension de la bobine mobile. Pour obtenir ce résultat, le système de serrage du fil de suspension dépasse le haut du cylindre de verre qui protège l'appareil et ce

cylindre est percé, à hauteur du miroir, d'un trou muni d'une glace à faces parallèles que traverse le faisceau lumineux. .

La figure 2 montre l'ensemble d'un montage pour la mesure des résistances. Le galvanomètre est disposé sur un trépied d'un modèle peu encombrant semblable à une selle de sculpteur et dont la tablette supérieure mesure 30 centimètres de diamètre. Sur cette tablette, trois petits cubes en caoutchouc supportent une plaque métallique assez lourde servant de base à l'instrument. Grâce à l'élasticité des

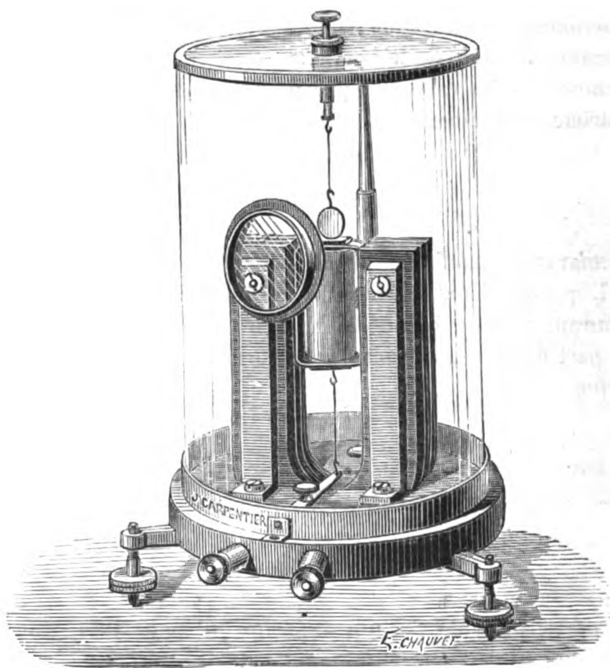


Fig. 1. — Galvanomètre Deprez-d'Arsonval. — Dernier modèle.

points d'appui, cette plaque est en partie soustraite aux trépidations du plancher. Cette plaque métallique est sillonnée, suivant trois rayons faisant des angles de 120 degrés, de trois rainures fraisées, où s'engagent les pointes des vis calantes du galvanomètre. On assure ainsi le centrage de l'instrument par rapport à son support et l'invariabilité de as position, même pour le cas où l'on aurait à l'enlever momentanément et à le rapporter ensuite. Ce système remplace avantageusement le dispositif bien connu de *trou*, *rainure et plan* de sir W. Thomson.

La mise de niveau de l'appareil s'effectue très simplement en déten-

dant les fils de suspension et en manœuvrant les vis calantes, jusqu'à ce que les branches verticales du cadre, rendu libre, viennent se placer exactement au milieu de l'intervalle compris entre les branches de l'aimant et le cylindre de fer doux placé entre les branches.

Le faisceau lumineux peut s'obtenir de bien des façons. L'une des plus simples est d'employer un réflecteur métallique comme il s'en trouve chez tous les lampistes, se fixant à l'aide d'une griffe le long

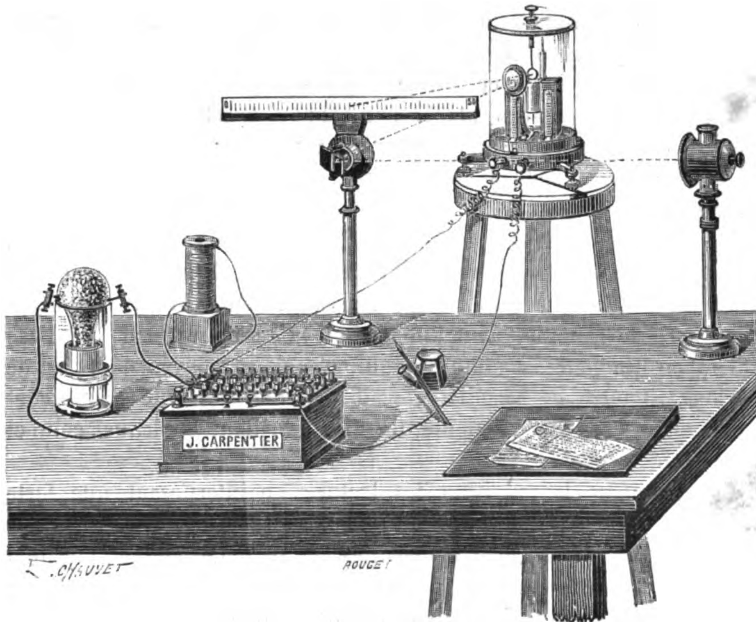


Fig. 2. — Installation complète d'une mesure de résistance avec le galvanomètre Deprez-d'Arsonval, le porte-bougie et l'échelle transparente de M. Carpentier.

d'une bougie. Le même réflecteur peut encore s'adapter à une lampe ordinaire ou à un bec de gaz.

Pour obtenir un point lumineux fixe, il est préférable d'employer une petite lanterne analogue aux lanternes de voiture, dans laquelle la bougie, contenue dans un tube, est poussée constamment par un ressort vers le bout par lequel passe la mèche. Le corps de la lanterne protège la flamme contre les agitations de l'air et peut se mouvoir le long du tube qui contient la bougie. Suivant la hauteur à laquelle on le fixe, le miroir qui constitue l'un des fonds de la lanterne peut avoir son centre à la hauteur de la flamme, en dessus ou en dessous. Grâce à ce réglage, on obtient un faisceau lumineux, soit

horizontal, soit oblique, ascendant ou descendant, et éclairant convenablement le miroir de l'échelle transparente, destiné à réfléchir le faisceau sur le miroir du galvanomètre.

On peut même, dans certains cas, utiliser la lumière du jour, si elle est convenablement orientée, et à la condition essentielle qu'elle ne vienne pas frapper en plein l'échelle et affaiblir ainsi l'image du réticule.

Les lectures des déviations se font sur une échelle en celluloïd, substance assez translucide, souple et peu fragile ; la règle est rendue rigide par une garniture métallique pouvant glisser sur son support et permettant de déplacer, suivant les besoins, l'origine des lectures.

L'opérateur, toujours placé, par rapport à cette règle, du côté opposé à l'arrivée du rayon lumineux, peut s'approcher autant qu'il veut et faire ses lectures normalement, sans craindre d'obstruer la marche du faisceau.

Le pied d'optique qui soutient la règle ayant une base fort petite, s'installe partout et encombre peu la table sur laquelle l'opérateur travaille, entouré de tous les appareils de mesure (fig. 2). Le même pied porte le réticule, dont l'image sur la règle sert à définir l'axe du rayon lumineux, et un miroir qui, avec deux mouvements, l'un de pivotage, l'autre de basculage, peut s'orienter de toute manière et créer ainsi, derrière le réticule, un champ brillant sur lequel celui-ci se détache en noir.

On augmente la précision des lectures en interposant une forte loupe entre l'œil et l'échelle.

Les boîtes de résistance, construites par M. J. Carpentier, méritent aussi une mention spéciale, tant au point de vue de leur construction d'ensemble que du mode d'ajustement de chaque bobine.

On peut, en effet, se proposer, dans la construction des boîtes de résistance, de réaliser deux conditions distinctes et, en quelque sorte, incompatibles.

Obtenir toutes les combinaisons possibles :

1° Avec un minimum de bobines ajustées ;

2° Avec un minimum de clefs.

Supposons, pour fixer les idées, qu'on veuille pouvoir faire varier une résistance, ohm par ohm, de 0 à 10 000 ohms. La première condition permettra d'obtenir ce résultat avec 16 bobines seulement, mais avec 16 clefs ; la seconde condition demande 40 bobines, mais il suffira de 4 clefs.

La première disposition sera plus économique au point de vue des frais d'ajustement des bobines, puisque leur nombre sera moins grand, mais il y aura un plus grand nombre de contacts et par suite

un plus grand nombre de chances d'erreur, et les 16 bobines dont elle se compose comporteront 12 ajustements différents[1].

La deuxième disposition exige 40 bobines, mais 4 ajustements

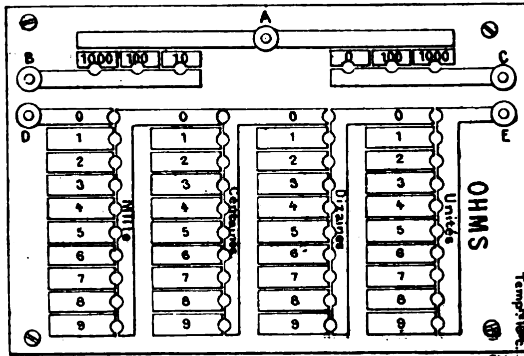


Fig. 3. — Diagramme d'une boîte à pont à *décades.*

seulement correspondant aux unités, aux dizaines, aux centaines et aux mille. C'est ce qu'on appelle la disposition *en décades.* La figure 3 est le schéma des communications d'une boîte de 10 000 divisée en décades, avec bras de pont 10, 100 et 1000. La figure 4 est une vue

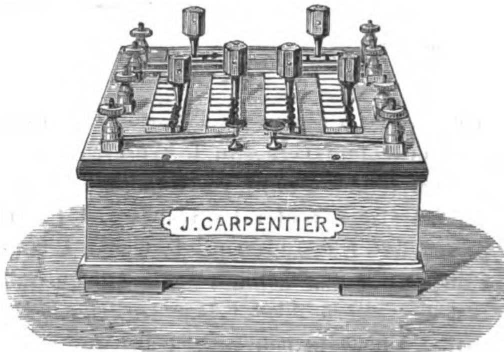


Fig. 4. — Boîte à décades et à pont.

perspective de la même boîte, à laquelle on a ajouté les 2 clefs de pile et de galvanomètre pour l'emploi direct de la méthode du pont de Wheatstone.

[1] Cela est évident d'après la distribution ordinairement employée :

1 2 2 5 10 20 20 50 100 200 200 500 1000 2000 2000 5000

Il y a toujours un même nombre restreint de contacts en jeu; la méthode du pont en comporte 6 : 1 dans chacun des bras *a* et *b*, et 4 dans la résistance variable.

Lorsque l'équilibre est établi, la lecture de la résistance se fait directement, sans erreur possible, puisque chacun des nombres en regard de la clef donne la résistance correspondante intercalée dans le circuit, en ohms pour la première rangée à droite, en dizaines d'ohms pour la seconde rangée, en centaines pour la troisième et en milles pour la quatrième.

Nous préférons cette disposition *en ligne* à celle *en cercle*, encore en usage en Angleterre, dans des boîtes analogues; la lecture en est plus commode, la forme plus symétrique et moins encombrante.

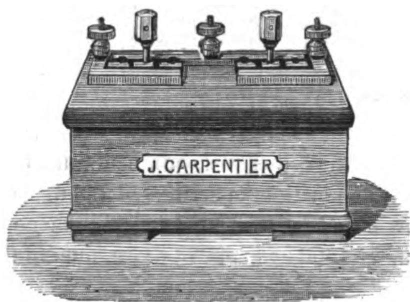


Fig. 5. — Boîte à pont.

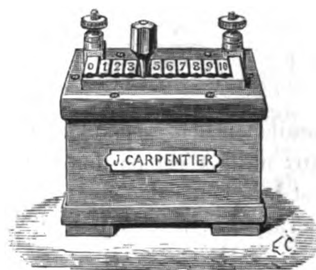


Fig. 6. — Boîte à *décade* simple.

La figure 5 est une boîte à pont dans laquelle se trouvent seulement les bras de proportion; la figure 6 représente une boîte à décade ordinaire permettant d'obtenir à volonté, suivant sa graduation et avec une seule clef, toutes les résistances, 1 par 1, de 0 à 10 ohms; 10 par 10, de 0 à 100; 100 par 100, de 0 à 1000, etc.

Grâce à une disposition des bobines aussi simple qu'ingénieuse, M. Carpentier est parvenu à rendre leur ajustement si exact et si rapide que les boîtes à décades peuvent se construire avec plus d'économie que les anciennes boîtes.

Nous aurons l'occasion de parler de cette disposition en parlant du nouveau modèle de galvanomètre Thomson dû au même constructeur.

E. H.

RELATIONS QUI DOIVENT EXISTER ENTRE LES RÉSISTANCES

DE

L'ARMATURE DES ÉLECTROS ET DU CIRCUIT EXTÉRIEUR

ET LES NOMBRES DE SPIRES RESPECTIFS DANS LES COMPOUND-DYNAMOS

Thomson, dès 1881, avait présenté à la *British Association for the advancement of Science* une étude sur les rapports qui doivent exister entre les résistances de l'armature, des électros et du circuit extérieur dans les shunt-dynamos. C'est la même méthode que suit M. le docteur *V. Pierre* pour les compound-dynamos dans un article publié par la *Zeitschrift für Elektrotechnik* que nous résumons comme suit :

Si l'on désigne par I, i_1, i_2 les intensités des courants qui traversent l'armature, les électros en tension, et ceux en dérivation, par R, r_1, r_2 es résistances correspondantes, par ρ la résistance dans la partie utile du circuit extérieur :

$w_1 = \mathrm{RI}^2$ représente le travail de l'armature;

$w_2 = (r_1 + \rho)\, i_1^2$ représente le travail du circuit principal;

$w_3 = r_2\, i_2^2$ représente le travail dans la dérivation;

$w_4 = \rho i_1^2$ représente le travail directement utilisable;

et pour que cette partie w_4 soit la plus grande possible, il faut poser :

$$\mathrm{N} = \frac{w_4}{w_1 + w_2 + w_3} = \text{maximum},$$

ou

$$\frac{1}{\mathrm{N}} = \frac{w_1 + \omega_2 + w_3}{w_4} = \text{minimum},$$

soit encore :

$$\frac{1}{\mathrm{N}} = \frac{\mathrm{RI}^2 + (r_1 + \rho) i_1^2 + r_2 i_2^2}{\rho i_1^2}$$

en remplaçant :

$$i_1 \text{ par } \frac{\mathrm{I} r_2}{r_2 + (r_1 + \rho)} \text{ et } i_2 \text{ par } \frac{\mathrm{I}(r_1 + \rho)}{r_2 + (r_1 + \rho)}, \qquad (1)$$

on obtient, tous calculs faits :

$$\frac{1}{\mathrm{N}} = \frac{r_1}{\rho}\left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right)\left[\frac{\mathrm{R}}{r_1}\left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right) + 1\right] + \frac{\rho}{r_2}\left(\frac{\mathrm{R}}{r_2} + 1\right) + 2\frac{\mathrm{R}}{r_2}\left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right)$$
$$+ 2\frac{r_1}{r_2} + 1;$$

et en posant :

$$\frac{r_1}{r_2} = a; \quad \frac{R}{r_2} = b \quad \text{d'où} \quad \frac{R}{r_1} = \frac{b}{a}, \tag{2}$$

$$\frac{1}{N} = \frac{r_1}{\rho}[b(1+a)+a]\frac{1+a}{a} + \frac{\rho}{r_2}(1+b) + 2(b+a) + 2a + 1. \tag{3}$$

Il résulte de cette équation qu'il n'existe pas de relations entre les résistances mêmes, R, r_1 et r_2, qui puissent rendre N maximum; il ne reste donc qu'à rendre R et r_1 aussi petits que possible relativement à r_2, de manière que a et b soient de très petites fractions. Ce résultat pouvait être pour ainsi dire prévu, et c'est ce principe qui est admis dans la construction des compound-dynamos.

Il est possible toutefois de rechercher dans quelles proportions R, r_1 et r_2 doivent varier vis-à-vis de ρ pour que N soit maximum. Il suffit pour cela de poser l'équation qui annule la dérivée de $\frac{1}{N}$ et de vérifier si dans ces conditions la dérivée seconde prend une valeur négative. Ce qui donne :

$$\rho^2 = r_1 r_2 \frac{1+a}{a}\left[\frac{b(1+a)+a}{1+b}\right]; \tag{4}$$

en supposant que a et b soient des fractions très petites, on pourra négliger les termes en a^2 et b^2, d'où :

$$\rho^2 = r_1 r_2 \frac{1+a}{a}(a+b),$$

ou

$$\rho^2 = r_1 r_2 \left[\frac{b+a}{a} + (b+a)\right],$$

et remplaçant :

$$\frac{b+a}{a} \text{ par } \frac{R+r_1}{r_1} \text{ et } b+a \text{ par } \frac{R+r_1}{r_2},$$

$$\rho^2 = (R+r_1)(r_1+r_2). \tag{5}$$

C'est-à-dire que *N atteint son maximum quand on choisit* R_1, r_1 *et* r_2 *de telle sorte que* (R et r_1 étant aussi petits que possible relativement à r_2) *la résistance extérieure* ρ *soit moyenne proportionnelle entre la somme des résistances de l'armature et des électros en tension, et la somme de celles des électros en tension et en dérivation.*

On a alors, d'après (4) et (5) :

$$\left.\begin{aligned} R &= \frac{b\rho}{\sqrt{a+b}} \\ r_1 &= \frac{a\rho}{\sqrt{a+b}} \\ r_2 &= \frac{\rho}{\sqrt{a+b}} \end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

Supposons que l'on veuille utiliser p pour 100 de l'énergie totale, on a

$$\frac{1}{N} = \frac{100}{p},$$

et comme a et b sont de petites fractions et que p est plus petit que 100, on en tire :

$$(a+b) = \frac{50}{p} \pm \frac{1}{2}\sqrt{\frac{200-p}{p}}.$$

On choisira comme racine celle dont la valeur est plus petite que l'unité.

On peut donc en déduire a ou b. On voit donc que :

La fraction de l'énergie utilisable ne dépend uniquement que des relations qui existent entre la résistance de l'armature d'une part et celle des électros en tension d'autre part, et la résistance des électros en dérivation.

Tant que la vitesse angulaire ω de l'armature reste dans les limites dans lesquelles on peut considérer avec une approximation suffisante le moment magnétique des électros comme proportionnel à l'intensité et au nombre des spires, la f. é. m. d'une compound-dynamo peut être représentée par :

$$E = (K_1 n_1 i_1 + K_2 n_2 i_2)\,\omega, \qquad (8)$$

n_1 et i_1 étant le nombre de spires des électros en tension et l'intensité du courant qui les traverse, n_2 et i_2 étant les valeurs précédentes correspondantes pour les électros en dérivation, K_1 et K_2 étant des coefficients qui dépendent du nombre de spires de l'armature et de leur disposition.

On a :

$$I = \frac{E}{R+R'}.$$

R′ désignant la résistance composée résultant du système de dérivation r_2 et $r_1 + \rho_1$, laquelle est :

$$R' = \frac{r_2 \times (r_1 + \rho)}{r_2 + (r_1 + \rho)},$$

d'où l'on déduit :

$$\frac{(r_1 + \rho)}{r_2 + (r_1 + \rho)} = \frac{R'}{r_2};$$

les équations (1) donnent alors :

$$i_2 = I \frac{R'}{r_2}$$

$$i_1 = I\left(1 - \frac{R}{r_2}\right),$$

et l'équation (8) devient :

$$E = I\left[K_1 n_1 - \frac{R'}{r_2}\left(K_1 n_1 - K_2 n_2\right)\right] \omega,$$

ou remplaçant I par $\frac{E}{R + R'}$

$$E = \frac{E'}{R + R'}\left[K_1 n_1 - \frac{R'}{r_2}(K_1 n_1 - K_2 n_2)\right] \omega.$$

Si ω se trouve non plus au-dessous, mais au-dessus des limites pour lesquelles la machine commence à produire un courant pour lequel E n'est pas nul, cette équation exige que :

$$R = K_1 n_1 \omega - \frac{R'}{r_2}(K_1 n_1 \omega - K_2 n_2 \omega + r_2),$$

pour toute valeur de R′, ce qui exige que :

$$K_1 n_1 \omega - K_2 n_2 \omega + r_2 = 0,$$

ou

$$K_1 n_1 \omega = R \quad \text{ou} \quad n_1 = \frac{R}{K_1 \omega}. \qquad (9)$$

et

$$K_2 n_2 \omega = R + r_2.$$

Ce qui montre que : *le nombre de spires des électros en tension doit être en raison inverse de la vitesse angulaire de l'armature et pour une vitesse donnée, directement proportionnelle à la résistance de l'armature.*

On tire également de l'équation (9) :

$$\frac{n_2}{n_1}=\frac{K_1}{K_2}\frac{R+r_2}{R},$$

ou en divisant haut et bas par r_2 :

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{K_1}{K_2}\frac{1+b}{b}.$$

Le rapport des nombres de spires des électros en dérivation et en tension est donc indépendant du nombre de tours que fait la machine et ne se trouve déterminé que par le rapport des résistances de l'armature et des électros en dérivation.

Désignons par d_1 et d_2 les diamètres, l_1 et l_2 les longueurs *moyennes* des fils correspondants et relatifs à une spire, la résistance moyenne d'une seule spire d'électro en tension sera $r_1'=\frac{4s_1l_1}{\pi d_1^2}$, d'une seule spire d'électro en dérivation $r_2'=\frac{4s_2l_2}{\pi d_2^2}$.

On peut poser :

$$r_1=n_1r_1' \qquad r_2=n_2r'_2$$

d'où :

$$\frac{r_2}{r_1}=\frac{1}{a}=\frac{n_2r_2'}{n_1r_1'},$$

et. . . . .

$$\frac{n_2}{n_1}=\frac{1}{a}\frac{r_1'}{r_2'};$$

mais comme on peut s'arranger de manière que $s_1=s_2$

$$\frac{n_2}{n_1}=\frac{1}{a}\frac{l_1}{l_2}\frac{d_2^2}{d_1^2}, \tag{10}$$

et si l'on suppose que K_1 et K_2 diffèrent assez peu pour que dans une première approximation, on puisse poser :

$$\frac{K_1}{K_2}=1$$

$$\frac{n_1}{n_2}=\frac{1+b}{b}, \tag{11}$$

de la combinaison des équations (10) et (11), on tire :

$$\frac{a(1+b)}{b}=\frac{l_1d_2^2}{l_2d_1^2} \tag{12}$$

équation qui n'est pas rigoureuse tant que $\frac{n_2}{n_1} > \frac{1+b}{b}$,

d'où :

$$\frac{d^2}{d_1} = \sqrt{(1+b)\frac{a}{b}\frac{l_2}{l_1}}. \qquad (13)$$

A la rigueur cette équation donne pour $\frac{d_2}{d_1}$ une valeur trop faible. Mais on peut, si ce n'est compenser, du moins atténuer considérablement cette erreur, en prenant au lieu de la valeur moyenne des longueurs de spires, pour l_1 la plus grande longueur et pour l_2 la plus petite, et alors comme on aura très approximativement : $\frac{l_2}{l_1} = 1$; on peut poser :

$$\frac{d_2}{d_1} = \sqrt{\frac{a}{b}(1+b)}. \qquad (14)$$

Le rapport des diamètres des électros ne dépend également que du rapport entre les résistances de l'armature et des électros en tension et la résistance des électros en dérivation.

Mais comme r_1 sera d'autant plus petit que r_2, que r_1' sera plus petit relativement à r_2' et que d_2 sera également plus petit par rapport à d_1, il en résulte que l'on se rapprochera d'autant plus du but que l'on se propose d'atteindre, que a sera plus petit par rapport à b.

Un autre motif plaide en faveur de cette condition, que a soit choisi aussi petit que possible :

La différence de potentiels aux bornes de la machine est :

$$e = i_2 r_2.$$

En prenant la différentielle de l'expression $i_2 = \mathrm{I}\frac{\mathrm{R}'}{r_2}$ relativement à ρ, l'on a :

$$\frac{(d.i_2)}{(d.\rho)} = \frac{\mathrm{R}'(d.\mathrm{I})}{r_2(d.\rho)} + \frac{\mathrm{I}(d.\mathrm{R}')}{r^2(d.\rho)},$$

plus a sera petit, plus R′ se rapprochera de $r_1 + \rho$ et $\frac{(d.\mathrm{R}')}{(d.\rho)}$ de l'unité, comme aussi $\frac{\mathrm{R}'}{r_2}$ de $a + \frac{\rho}{r_2}$, mais $\frac{\rho}{r_2} = \sqrt{a+b}$, donc $\frac{(d.i_2)}{(d.\rho)}$ se rapproche d'autant plus de zéro que a est plus petit. En d'autres termes :

Plus a est petit et plus la différence de potentiels aux bornes de la machine est indépendante des variations de la résistance extérieure; plus elle est constante.

N. T.

ALLUMAGE AUTOMATIQUE DES BOUGIES JABLOCHKOFF
SYSTÈME CLARIOT

Nous rendons compte d'autre part du *Traité pratique d'électricité industrielle* de MM. Cadiat et Dubost (voy. p. 424). Nous ne saurions mieux faire, pour en montrer l'esprit général, que de lui emprunter la description d'un nouvel allumage automatique des bougies Jabloch-

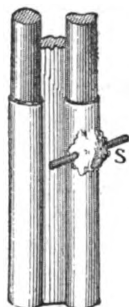


Fig. 1.

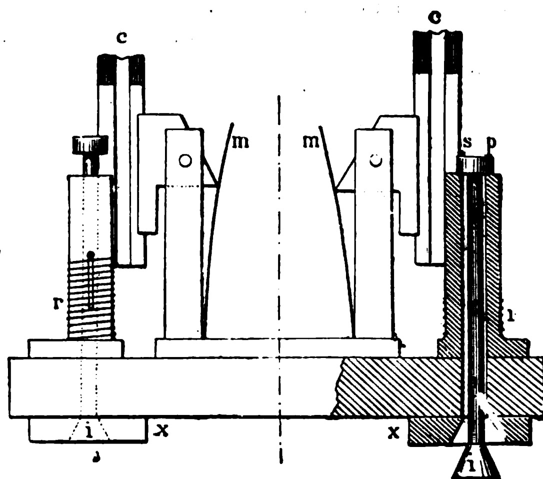


Fig. 2.

koff dû à M. Clariot et dont la disposition nous paraît des plus intéressantes.

M. Clariot a imaginé, dans l'éclairage des magasins du Louvre, un système d'allumage automatique d'une grande simplicité. Il est basé sur l'emploi d'un petit bout de fil métallique *s* fixé par une goutte de soudure très fusible au manchon de cuivre qui forme la base d'un des crayons de la bougie (fig. 1). Tant que l'arc est placé à une hauteur assez grande au-dessus du chandelier, la bougie étant pressée par le ressort *m* maintien la tige *p*, *p* dans la position indiquée sur la partie droite de la figure 2. Quand l'arc s'est suffisamment abaissé, la température qu'il développe fait fondre la soudure, la tige *p*, *p*, n'étant plus retenue et se trouvant sollicitée par le ressort à boudin *r*, se relève, et le petit cône *i* vient former contact avec la partie métal-

lique x, dont la disposition est représentée sur la partie gauche de l'appareil.

C'est ce cône i qui constitue le commutateur. En effet, considérons la figure schématique 3. Les quatre bougies sont représentées en $b_1b'_1$, $b_2b'_2$, b_3b_3', $b_4b'_4$. Les quatre charbons b_1, b_2, b_3, b_4 communiquent avec une pièce fixe centrale qui leur amène le courant par le conducteur aa.

Chacun des autres charbons est relié avec un des secteurs 1, 2, 3, 4, qui divisent la circonférence en quatre parties égales et qui sont isolés les uns des autres. L'un d'eux communique avec la source électrique par le conducteur q, qui est mobile et qu'on peut appliquer à volonté sur tel ou tel secteur.

Le rôle du cône i est de produire à un moment donné la communication entre deux de ces secteurs. Supposons l'appareil disposé

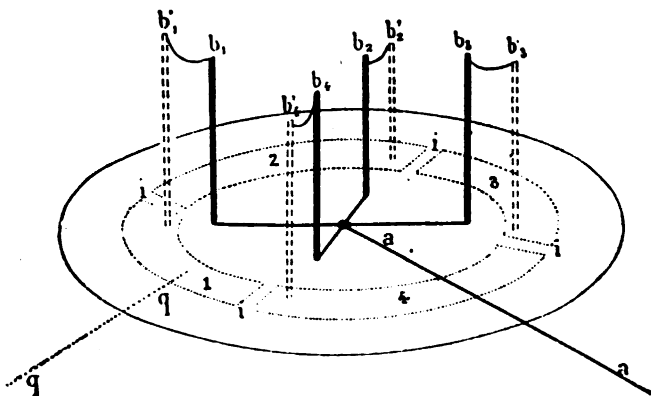


Fig. 3.

comme l'indique la figure 3. Le courant arrivant en aa passe par la bougie $b_1b'_1$ et s'en va par qq, toutes les autres bougies étant en dehors du circuit. Quand $b_1b'_1$ est brûlée, grâce à la disposition du petit fil métallique s, dont nous avons parlé plus haut, le cône i établit le contact entre les secteurs 1 et 2. Dès lors, le courant passe par $b_2b'_2$, par les secteurs 2, 1, et s'en va par qq. La même chose se reproduit successivement pour chacune des bougies restantes.

On peut se demander comment l'électricité passe par $b_2b'_2$ dès que le contact est établi en i et pourquoi l'arc ne continue pas à se former en $b_1b'_1$. C'est que, la bougie $b_2b'_2$ étant munie de son allumeur à sa partie supérieure, l'électricité qui trouve là une résistance très faible y passe immédiatement. En même temps, le courant diminue

en $b_1b'_1$, la température s'abaisse entre ces deux charbons, la résistance de l'arc $b_1b'_1$ augmente par suite et atteint rapidement une limite telle que l'arc s'éteint; à ce moment, la bougie $b_2b'_2$ se trouve seule en circuit et s'allume.

Cette disposition, qui n'exige aucun mécanisme, est d'une grande simplicité, et l'on peut dire qu'elle est vraiment industrielle. Elle est employée depuis quelques mois aux magasins du Louvre, et elle a permis de réaliser une grande économie sur les bougies que l'on brûle presque totalement, au lieu d'en perdre une certaine longueur comme cela a lieu ordinairement.

COMMUNICATIONS TÉLÉGRAPHIQUES SANS FILS

Au dernier Congrès de l'Association américaine pour l'avancement des sciences, le professeur A. Graham Bell, l'inventeur justement célèbre du téléphone, a fait une communication sur la possibilité des communications sans fil entre les navires en mer.

Voici d'abord l'expérience fondamentale qui démontre le principe sur lequel on doit s'appuyer pour résoudre ce problème :

Dans un bassin rempli d'eau, établissons entre deux points éloignés les deux pôles d'une pile renfermant un interrupteur, établissant et rompant le circuit très rapidement.

Touchons l'eau en deux autres points avec les extrémités d'un circuit renfermant un téléphone. On entendra alors un son continu dans ce téléphone, à moins que les deux extrémités du circuit téléphonique ne touchent l'eau en deux points où le potentiel est le même. Ce procédé permet même de déterminer facilement les lignes équipotentielles à la surface du bassin.

Voyons maintenant l'application de ce principe au cas d'un navire en mer : concevons un navire muni d'une machine dynamo-électrique puissante, produisant un courant de haute tension ; une des extrémités du circuit pénètre dans l'eau à la proue du navire, l'autre extrémité est amenée à la mer, par un conducteur bien isolé, à une distance assez grande de la première; supposons le courant rapidement établi et fermé par un interrupteur. Un second observateur, placé sur un second navire muni des mêmes dispositions de circuit, mais dans

lequel on substitue un téléphone à la machine dynamo-électrique, pourra reconnaître la présence d'un autre vaisseau à une distance considérable et déterminer même, par des modifications convenables, la direction de ce navire. Cette idée a été mise en expérience par M. Graham Bell, sur la rivière Potomac, et il a trouvé que même à un mille et un quart (2 kilomètres), la plus grande distance essayée jusqu'ici, le son dû à l'action de l'interrupteur sur un navire était nettement perceptible dans l'autre. L'expérience ne réussit pas aussi bien dans l'eau salée.

A l'occasion de cette communication, le professeur Trowbridge a rappelé une méthode qu'il avait proposée il y a quelques années pour télégraphier sans fil à travers l'Océan, méthode proposée plutôt au point de vue de l'intérêt scientifique qu'elle présente qu'à celui de son intérêt pratique.

Concevons un conducteur établi entre le Labrador et la Patagonie, se terminant à l'Océan entre ces deux points et passant par New-York, où une machine dynamo-électrique est intercalée dans le circuit. En Europe, une ligne s'étend du nord de l'Écosse au sud de l'Espagne, se terminant de même dans l'Océan entre ces deux points; un galvanomètre sensible est intercalé dans cette seconde ligne. Toute variation dans le courant de la ligne américaine produirait une variation correspondante dans la ligne européenne, et l'on parviendrait ainsi à transmettre des signaux.

M. W. H. Preece a rappelé qu'un système analogue a été mis en pratique pour télégraphier entre l'île de Wight et Southampton, pendant une suspension du fonctionnement régulier du câble. On employait un téléphone dans un circuit; 25 éléments Leclanché et un interrupteur dans l'autre circuit. Le son a pu être entendu distinctement, et la communication ainsi établie maintenue jusqu'à ce que la réparation du câble ait été achevée.

Toutes ces expériences et ces projets sont intéressants, mais nous aurions aimé voir rappeler aussi, dans l'assemblée américaine, les essais faits en 1870 et repris en 1876, par M. Bourbouze, entre le pont d'Iéna et le pont d'Austerlitz.

Si les expériences de notre compatriote n'ont pas eu de suite, elles ne méritaient pas moins d'être signalées, et elles auraient probablement obtenu un succès plus grand si, à cette époque, le téléphone de Bell, qui venait de naître, avait été connu en France.

Sans exagérer l'importance pratique des communications télégraphiques sans fil, nous estimons, avec M. Preece, qu'elles peuvent rendre des services dans certains cas spéciaux, et c'est pour faire acte de bonne justice distributive que nous rappelons ici le nom de

M. Bourbouze, à qui revient l'honneur d'avoir, *le premier*, réalisé des communications télégraphiques sans fil qui, malheureusement, paraissent ne pas avoir franchi la Manche, et, à fortiori, l'Océan, puisqu'on les ignore encore en Angleterre et en Amérique.

LES EXPÉRIENCES DE CREIL

A défaut de renseignements directs dont on favorise peu les journaux français, voici, d'après l'*Engineering*, l'état des expériences de transport de force actuellement en préparation entre Creil et Paris :

Les importantes expériences sur la transmission de la force par l'électricité qui sont depuis longtemps en préparation entre Paris et Creil, entreront bientôt dans la phase pratique. On se rappelle qu'un syndicat puissant a été formé, il y a déjà quelque temps, pour réaliser sur une grande échelle les théories de M. Marcel Deprez sur la transmission électrique de la force, théories qui ont reçu un développement pratique au Palais de l'Industrie en 1881, à Munich, au chemin de fer du Nord et à Grenoble.

Ce syndicat, qui se composait, entre autres, de la maison Rothschild de Paris, des Compagnies du Creusot et de Fives-Lille, et de la Société industrielle et commerciale des métaux, a souscrit un capital de 500 000 francs. La nouvelle série d'expériences aura lieu entre Paris et Creil. Le programme a été préparé par une Commission composée de M. Marcel Deprez, M. Sartiaux, M. Aron, ingénieur de MM. de Rothschild, M. Cael, du ministère des postes et des télégraphes, et plusieurs autres ingénieurs distingués. Le regretté Charles Bontemps était aussi membre de la Commission.

D'après le programme arrêté, il s'agit d'installer à la station de Creil une force motrice initiale fournie par deux locomotives de 130 chevaux-vapeur chacune. Ces deux machines commanderont la machine génératrice par l'intermédiaire de quatre dynamomètres totalisateurs d'un nouveau type qui permettront de lire d'une façon continue le travail mécanique fourni à la dynamo.

La machine génératrice fournira un courant de 20 ampères et une force électromotrice de 7500 volts, ce qui correspond à peu près aux 200 chevaux-vapeur absorbés. Cette énergie sera transmise à deux

dynamos réceptrices d'un plus petit type placées à Paris à la station de La Chapelle et qui doivent rendre en travail 50 pour 100 de l'énergie initiale, la première fournissant 60 chevaux-vapeur et la seconde 40 chevaux-vapeur.

Les dynamos ont été construites par la Compagnie de Fives-Lille, et on pourra avoir une idée de leurs dimensions par ce fait qu'il a fallu 17 600 livres de cuivre (8000 kilogrammes) pour rouler l'armature et les inducteurs.

La ligne, qui a plus de 70 milles (106 kilomètres) et forme un circuit fermé complet, sera aérienne et se composera d'un câble de 7 fils de bronze silicieux fabriqué par M. Lazare Weiller d'Angoulême. Chaque fil a 19 dixièmes de millimètre de diamètre, et le toron correspond, comme section, à un fil unique de 5 millimètres de diamètre. Le poids de la ligne sera de 2000 à 2500 kilogrammes et sa résistance électrique inférieure à 100 ohms. Sa résistance de rupture est supérieure à 1900 livres (860 kilogrammes).

Au début des expériences, la question d'employer un câble isolé ou non a été chaudement discutée. La nécessité d'un isolant paraissant tout d'abord d'une très grande importance, en considération de la tension élevée du courant qu'on voulait porter à 10 000 volts.

Dans ces conditions, les ingénieurs de la Commission représentant l'État voulaient enfermer le câble dans un isolant protecteur, pour éviter les pertes, surtout pendant les pluies, et pour éviter des accidents. Après un certain nombre d'expériences, on a décidé d'abandonner l'isolement continu, qui présenterait le double inconvénient d'une grande dépense et d'une protection insuffisante.

Il a semblé que les accidents étaient peu à craindre, puisqu'on se trouvait sur un circuit complet fixé sur des supports à une grande hauteur au-dessus du mouvement ordinaire, et on s'est décidé pour l'adoption d'un système mixte comportant l'isolement de 47 milles (75 kilomètres). L'isolement, fabriqué par la Société générale des téléphones, est du système Berthoud-Borel, avec enveloppe en plomb.

Les expériences faites avec cette disposition ont donné des résultats parfaitement satisfaisants, bien qu'on ait trouvé qu'avec 2500 volts, le câble ainsi couvert se comportait comme une bouteille de Leyde, l'enveloppe donnant des étincelles statiques pendant un temps considérable. L'inconvénient résultant de ce fait sera facilement évité en reliant l'enveloppe de plomb à la terre. En rompant l'enveloppe de plomb par intervalles et spécialement aux soudures, distribuées tous les 500 mètres, et en faisant les joints en caoutchouc durci, la surface totale du condensateur sera réduite et ces effets entièrement évités.

On espère que tous les essais préliminaires seront terminés dans un mois ou deux, et que les expériences se feront à la fin de l'année.

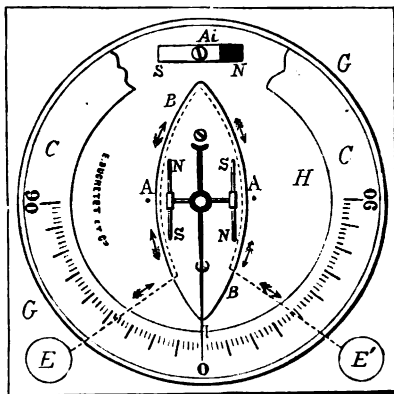
REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 13 octobre 1884.

Galvanomètre à aiguilles astatiques. — Note de M. E. Ducretet.

Le cadre de ce galvanomètre est formé d'une simple plaque B (isolante, ou en cuivre rouge, pour servir d'amortisseur), avec gorge



annulaire recevant le fil isolé dans lequel le courant circulera. Ce fil arrive aux bornes E, E′.

Le cadre B est fixé *à plat* sur le socle H de l'instrument; immédiatement au-dessus, se trouve l'équipage astatique AA; un index I donne la valeur de la déviation sur le cadran C. Les deux aiguilles NS, NS de ce système astatique sont dans le *même plan horizontal;* elles circulent au-dessus du cadre même, dès qu'un courant le traverse. La disposition de ce système astatique diffère essentiellement de celles que l'on connait et qu'il est inutile de décrire. A volonté, on emploie l'aimant directeur Ai.

On augmente encore la sensibilité de cet instrument en mettant *au-dessus* du système astatique AA un deuxième cadre plat, semblable au premier fixé *en dessous*. Les fils des deux cadres sont alors combinés entre eux. Le système astatique circule ainsi entre deux cadres plats. Il est mobile sur une pointe très déliée, avec chape d'agate, ou bien il est suspendu par un fil de cocon. Un globe G à dessus plat, en glace, recouvre le tout.

Cette disposition a l'avantage de permettre la réalisation d'un galvanomètre très simple, sensible, à lecture facile et d'une forme *très plate*.

Séance du 20 octobre 1884.

Sur la force élémentaire de l'induction solaire dont la durée périodique est d'un jour moyen. — Note de M. Quet.

Avant 1878, on ne connaissait pas les périodes des forces élémentaires d'induction dans lesquelles on peut décomposer l'action inductrice du soleil sur les fluides électriques de la terre. Je fis alors connaître que l'une d'elles avait un jour solaire moyen pour période, avec une inégalité horaire d'un an; qu'une autre avait pour période la durée de la rotation apparente du soleil autour de son axe, vue de la terre... Il est très facile de remarquer que ces périodes se retrouvent dans les observations faites avec les boussoles magnétiques, et l'esprit est naturellement porté à attribuer ces coïncidences au rapport de cause à effet.

J'ai pensé qu'il était bon de suspendre tout jugement jusqu'à ce que l'on ait fait des recherches plus complètes. Comme il s'agit ici d'une question assez importante, j'ai cru qu'il ne serait pas inutile d'isoler autant que possible les forces élémentaires les unes des autres, afin d'en examiner plus aisément les caractères. C'est ce que e me propose de faire pour les principales d'entre elles. J'examinerai en premier lieu celle qui correspond à un jour solaire moyen. J'ai pu atteindre le but après avoir découvert la proposition générale que voici :

La force d'induction produite par un système quelconque de courants électriques sur une particule m *de fluide électrique positif est perpendiculaire à la vitesse* ov *de cette particule et à la direction* od *de la ligne de force qui passe par le point* o *du champ magnétique ; elle est dirigée vers la gauche de la vitesse personnifiée et regardant* od ; *enfin elle est*

mesurée par l'aire du parallélogramme construit sur ov *et* od ; *si* f *désigne cette force, on a*

$$f = mdv \sin e,$$

e étant l'angle vod.

Dans le cas où le soleil agit sur la terre, l'action sur la masse *m* placée au centre du globe sera dirigée du centre de la terre vers le centre du soleil ou en sens contraire, suivant qu'il s'agit de l'électricité positive ou négative, ou bien suivant que le pôle magnétique austral du soleil est au nord ou au sud de l'écliptique.

Pour tous les autres points de la terre, les forces analogues seront sensiblement égales et parallèles à la précédente. A chaque instant, les fluides électriques du globe sont donc soumis à deux systèmes de forces, qui convergent les unes vers le centre du soleil et les autres vers le point opposé.

A mesure que la sphère céleste tourne, emportant le soleil qui a, en outre, son mouvement propre, les forces d'induction suivront le soleil ou le point opposé, tourneront avec la sphère céleste et achèveront leur tour en un jour solaire moyen.

Ces forces conserveront leur intensité, et leur direction subira une variation d'une durée périodique, égale à un jour solaire moyen. Ce résultat, qui est obtenu très simplement, peut servir à vérifier ceux de la théorie analytique générale que j'ai exposée.

Sur les décharges disruptives de la machine de Holtz. — Note de M. l'abbé Maze, présentée par M. Jamin.

Lorsque l'on emploie une machine de Holtz dont l'excitateur est construit de telle sorte que l'étincelle puisse se tirer, à volonté, à droite ou à gauche de l'axe de l'appareil, on constate que la position à donner à la partie mobile de cet excitateur est loin d'être indifférente.

Ainsi, si on laisse celui-ci au complet, avec ses boules et son condensateur ; si, de plus, on donne aux deux branches mobiles une position telle que la boule qui dégage l'électricité positive soit plus près de son condensateur que n'est l'autre du sien ; en un mot, si l'on rompt la symétrie en portant l'ouverture des boules du côté positif, on obtient, avec un écartement moyen, deux aigrettes étroites et inégales en longueur, la plus longue correspondant au pôle positif. Ces aigrettes ne se rejoignent pas, mais produisent de petites détonations sourdes : je les appellerai *aigrettes détonantes*.

Si, sans rien modifier au reste de la machine, on change le côté de l'ouverture de manière que le conducteur positif soit le plus long, les choses changent complètement de face : il n'est plus possible, quel

que soit l'écartement des boules, d'obtenir les aigrettes détonantes; c'est toujours l'étincelle crépitante ordinaire qui se produit.

On peut encore démontrer l'influence du manque de symétrie, en enlevant la boule du pôle positif. Si alors l'interception est du côté du pôle négatif, l'aigrette atteint au plus la moitié de la longueur précédente. Si l'on enlève la boule du pôle négatif, l'influence de la symétrie ne se manifeste pas.

On peut reprendre ces expériences après avoir enlevé les condensateurs : les phénomènes sont généralement de même ordre que dans les cas précédents, mais beaucoup moins intenses.

Les phénomènes optiques ne sont pas d'ailleurs les seuls qui prouvent l'importance de la question de symétrie. Des faits d'ordre mécanique conduisent aux mêmes conclusions. En effet, si, après avoir privé l'excitateur de ses boules, on suspend entre les pointes une bande de papier, longue de $0^m,10$ et large de $0^m,2$, en plaçant l'ouverture du côté du pôle positif, le papier est énergiquement repoussé par le pôle négatif; si, au contraire, l'interruption a lieu du côté négatif, la répulsion se fait par le pôle positif. Cette expérience réussit avec ou sans les condensateurs, mais le résultat est plus net lorsque ceux-ci sont supprimés.

Il est digne de remarque que, si les branches de l'excitateur sont placées symétriquement par rapport à l'axe de la machine, la répulsion se fait par le pôle positif avec les bouteilles de Leyde; par le pôle négatif, quand on ne les emploie pas.

Dans ce qui précède, je ne me suis pas écarté de la simple exposition des faits, ne voulant préjuger aucune théorie. Il me semble que la cause des phénomènes observés doit être cherchée dans une induction réciproque des diverses parties de la machine.

M. *Mouchez* présente le résultat des *Observations de magnétisme terrestre faites en Russie par M. le général* A. DE TILLO.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

Les séances mensuelles ordinaires de la Société recommencent le 5 novembre, à huit heures et demie du soir, dans la salle des séances de la Société de géographie. Voici l'ordre du jour de la séance de réouverture.

1° Définitions, conventions, notations et symboles électriques, par M. *E. Hospitalier;*

2° Correcteur mécanique des dérivations des boussoles marines, par M. *le commandant Fournier*, capitaine de vaisseau;

3° Signaux électriques de la marine française, par M. *A. de Méritens*. (Expériences.)

BIBLIOGRAPHIE

TRAITÉ PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE, par MM. E. CADIAT, ingénieur des Arts et Manufactures, et L. DUBOST, ancien élève de l'École polytechnique. — *Baudry* et C[ie], éditeur, Paris.

Cet ouvrage sera certainement bien accueilli par les ingénieurs, car il est destiné à simplifier beaucoup la besogne de tous ceux qui s'occupent des applications industrielles de cette science. Assurément les livres sur l'électricité, sont déjà très nombreux; mais ce qui leur manque souvent, c'est la méthode et la clarté. Le praticien, à la recherche d'un renseignement, même élémentaire, se perd au milieu de cette foule de documents étrangers les uns aux autres. Il fallait un ouvrage condensant en quelques pages tout ce qui a été écrit sur la question et indiquant d'une façon précise la voie à suivre dans la solution de chaque problème. MM. Cadiat et Dubost, guidés par leur expérience personnelle, ont compris cette lacune et ont cherché à la combler, en publiant cet ouvrage qui sera certainement très apprécié.

Le *Traité d'électricité industrielle* est divisé en six parties bien distinctes. Il débute par l'exposé des principes généraux, des lois fondamentales, des unités, des instruments et des méthodes de mesures. Ces questions délicates sont traitées avec une grande clarté et, après un peu d'étude, le lecteur se trouve capable d'entreprendre lui-même toutes ces expériences qu'il est si difficile d'aborder dans l'état actuel de la science. La question seule des unités est aujourd'hui très compliquée et l'on doit savoir gré aux auteurs de l'avoir rendue compréhensible à tout le monde.

La deuxième partie traite de la production des courants par les piles, les machines électriques, les accumulateurs. La théorie de ces appareils et les différents modèles adoptés dans la pratique y sont successivement passés en revue.

Après avoir ainsi examiné les principes généraux des courants et

les appareils qui servent à les produire, nous arrivons à leurs applications, dont la plus importante est la lumière. Les régulateurs, les bougies, les lampes à incandescence sont décrits avec les avantages et les inconvénients qu'ils présentent. Les auteurs nous citent des exemples d'installations dans les usines, les magasins, les théâtres, ainsi que leurs prix de revient, dont ils établissent la comparaison avec ceux de l'éclairage au gaz.

Après la lumière, vient l'étude de la transmission électrique de la force. Les auteurs nous montrent le nouveau rôle que l'électricité est appelée à prendre à ce point de vue dans l'industrie; ils exposent le principe de cette transmission, les expériences déjà faites, les moteurs actuellement en usage et le parti qu'on peut en tirer dans les ateliers de construction, les bateaux, les chemins de fer.

La cinquième partie de l'ouvrage traite de la galvanoplastie. Nous voyons là les principaux procédés employés pour déposer l'or, l'argent, le nickel, le cuivre. Ce chapitre se termine par l'électro-métallurgie, c'est-à-dire le raffinage des métaux et leur extraction par l'électricité.

Le dernier chapitre qui traite de la téléphonie passe en revue les différents systèmes de téléphone et l'installation des réseaux urbains.

En résumé nous croyons pouvoir prédire le succès à cet ouvrage, que nous recommandons particulièrement à nos lecteurs. MM. Cadiat et Dubost, laissant de côté les considérations purement théoriques, n'ont eu en vue que les applications pratiques et industrielles. Aussi pensons-nous qu'il rendra un véritable service à tous ceux qui voient dans l'électricité autre chose qu'une science de laboratoire.

Notions générales sur l'éclairage électrique, par M. *Henry Vivarez*, ancien élève de l'École polytechnique et de l'École des mines. — *J. Michelet*, éditeur, Paris.

C'est là une petite brochure d'une trentaine de pages dont nous recommandons vivement la lecture à tous ceux qui n'ont pas un temps suffisant à consacrer à l'étude développée des applications si importantes de l'éclairage électrique. Ils y puiseront en une heure les notions indispensables sur le courant électrique, sa production, sa canalisation et son utilisation dans les lampes.

Les réseaux téléphoniques de Bordeaux, par M. *Auguste Bonel*, directeur de l'agence de la Société générale des téléphones. — *J. Michelet*, éditeur, Paris.

C'est une histoire intéressante et curieuse que celle dont M. Bonel nous fait le récit en quelques pages. L'incrédulité et la routine, opposées aux efforts employés à faire triompher l'entreprise, faillirent en compromettre le succès. Au bout de huit mois, et avec *un seul* abonné, ce qui rendait les communications difficiles, il y avait bien, en effet, de quoi se laisser aller au découragement.

Aujourd'hui le réseau de Bordeaux a pris un grand développement, puisque le nombre des abonnés dépasse 300; ce sont les causes et les moyens de ce développement que M. Bonel nous fait connaître d'une manière succincte, mais complète.

FAITS DIVERS

L'éclairage électrique au théâtre du Chatelet. — L'éclairage actuel comprend 48 foyers Jablochkoff. En marche normale, 5 foyers éclairent la façade extérieure, 2 le contrôle et 10 la salle. Les 31 autres sont utilisés sur la scène.

Mais pour les tableaux à effet, tel par exemple que le ballet du deuxième acte de la féerie *La poule aux œufs d'or*, on peut allumer les 48 foyers sur la scène. L'éclairage du contrôle est complété par un certain nombre de becs de gaz, pour ne pas être plongé dans l'obscurité lorsque tous les foyers sont utilisés sur la scène.

Il est évident que, dans une installation nouvelle, on choisirait de préférence des lampes à incandescence.

L'installation mécanique se compose de deux locomobiles Weyher et Richemond de 20 chevaux, actionnant chacune une machine de 20 foyers et une de 4 placées au rez-de-chaussée dans une cour couverte. L'emploi de 2 groupes complètement indépendants augmente la sécurité du service qui, établi en 1878 par M. Castellano avec 16 foyers seulement, porté à 24 bougies par M. Rochard et à 48 par M. Floury, le directeur actuel, n'a pas eu un seul arrêt forcé depuis cette époque.

Éclairage électrique a Genève. — La *Société d'appareillage électrique*, dont les ateliers sont place Cournavin à Genève, a inauguré dans le courant de septembre un éclairage électrique par station centrale organisé pour le moment sur une échelle très restreinte.

L'électricité est produite par une machine Edison capable d'alimenter environ 70 lampes de 16 bougies. Cette machine est elle-même actionnée par une turbine du système Escher Wysse et Cie, embranchée sur la canalisation urbaine. Les conducteurs principaux sont attachés à des poteaux sur un certain parcours et viennent ensuite s'appliquer sur les murs des maisons.

Les locaux éclairés sont tous situés sur le *Grand Quai*. Ils comprennent le *café du Nord*, le *café de la Couronne* et quelques magasins.

La Société d'appareillage électrique reçoit journellement de nouvelles demandes auxquelles elle ne peut pas faire face avec une installation aussi exiguë. Mais elle est en instance auprès de l'Administration municipale, dont l'autorisation est nécessaire, pour pouvoir donner plus d'extension à cet éclairage qui a parfaitement réussi.

—

L'ORIGINE DU HORSE-POWER. — La Conférence nationale des Électriciens de Philadelphie a adopté, — nous discuterons ailleurs le pour et le contre de cette décision, — comme unité de puissance, le kilowatt à la place du horse power actuellement employé en Angleterre et dont la valeur n'est que de 746 watts. *The Engineer*, de Londres, part en guerre contre cette nouvelle unité, et nous rappelle, fait peu connu en France, la vraie origine de cette unité de puissance dont la grandeur semble, à priori, assez arbitraire, puisqu'elle correspond à 33 000 pieds-livres par minute, et que ce nombre n'est en relation simple avec aucune autre des mesures anglaises.

Le horse-power anglais actuel a été adopté à la suite d'expériences entreprises par James Watt lui-même qui, lorsqu'il se mit à vendre des machines à vapeur, au début de leur construction, dut adopter une commune mesure pour en définir la puissance.

Il prit des chevaux de forte taille et les fit travailler à élever des poids ; il reconnut ainsi qu'un cheval puissant pouvait élever 22 000 livres anglaises à un pied de hauteur en une minute, ce qui correspond à peu près à 50 kilogrammètres par seconde.

Mais pour que ses clients n'aient pas d'observations à faire sur la puissance de ses machines, il décida que chaque horse-power (puissance de cheval) de ses machines serait de 50 pour 100 supérieur au horse-power réel, et il adopta le chiffre de 33 000 pieds-livres par minute comme étalon, ou 76 kilogrammètres par seconde environ.

Ainsi s'explique à la fois l'origine de cette unité et la supériorité qu'elle présente relativement à la puissance d'un cheval ordinaire.

Il aurait suffi qu'un caprice de Watt *doublât* la puissance réelle du cheval-vapeur au lieu de l'augmenter 50 pour 100 pour concilier à la fois toutes les opinions et rendre presque uniforme l'unité industrielle de puissance : dans ce cas, en effet, le kilowatt et le horse-power seraient presque identiques et correspondraient à une puissance de 100 kilogrammètres par seconde (exactement 98,1 kilogrammètres par seconde), unité plus en rapport avec notre système décimal que le cheval-vapeur actuel.

La sécurité sur les chemins de fer. — Comment on décrit les inventions nouvelles dans les journaux politiques. On lit dans le *Berliner Tagblatt :*

M. Mayerhofer, ingénieur à Berlin, vient d'inventer un appareil qui marque un grand progrès dans la sécurité des transports par chemin de fer. Cet appareil, qu'il a mis douze ans à perfectionner avec l'aide de plusieurs collaborateurs, permet à l'employé chargé de son fonctionnement, de voir dans un miroir la ligne qu'il doit contrôler, avec tous les trains qui y marchent, et il sait à chaque instant fort exactement où se trouve chacun des trains en marche. Lorsque l'un d'eux se rapproche d'un autre à une distance qui présente du danger, il peut immédiatement le signaler au train menacé. L'appareil consiste en un tableau de verre mat sur lequel les voies sont indiquées par des lignes horizontales, et les stations par des lignes verticales et des numéros. De petites flèches, représentant les trains, se meuvent sur les lignes horizontales. Elles sont mises en mouvement par la force électrique, produite par les locomotives au moyen du contact de brosses métalliques avec des bandes de zinc placées le long des rails. De cette manière, le train trace continuellement les figures de ses mouvements sur le tableau de verre. L'appareil a été exposé ces jours derniers à Berlin pour être examiné par les hommes compétents.

Comprendra qui pourra !

—

Le misonéisme. — Le misonéisme, nous apprend le professeur Lombroso dans la *Revue scientifique* (de μίσος, haine, et νέος, nouveau : *haine des nouveautés*), c'est la difficulté et le malaise qu'éprouve le cerveau de tous les animaux, aussi de l'homme et surtout de l'homme primitif ou de l'homme faible d'esprit, dans la perception de toutes les sensations qui sont nouvelles.

Après avoir cité un grand nombre d'exemples de misonéisme chez les animaux, M. Lombroso rappelle l'exemple des sauvages qui font un vrai crime de l'introduction d'une nouveauté, surtout lorsqu'elle est d'une certaine portée. Chez les Daijaks, c'est un crime que de détruire les arbres par les méthodes européennes. Le misonéisme est une des origines des religions, qui ne sont, en grande partie, dues qu'à l'instinct de conservation de l'ancien. Aussi, sans les fous de génie, l'humanité serait restée beaucoup de siècles toujours la même.

C'est aussi au misonéisme qu'il convient d'attribuer les retards qui signalent les progrès de la civilisation et de la science, et il ne serait pas difficile d'en trouver des exemples récents, même en dehors de l'homme primitif et des hommes faibles d'esprit. Pour rester dans notre sphère, n'est-ce pas du misonéisme que de voir reproduire chaque jour par les constructeurs, servilement et sans raison, ni apparente ni connue, des appareils surannés et manifestement inférieurs aux instruments modernes ? N'est-ce pas du misonéisme, aussi, que cette ténacité du peuple anglais à maintenir son système de mesures et de monnaies, qui est une complication de tous les instants ? N'est-ce pas du misonéisme, enfin, et du plus singulier, que cette proposition faite par un journal scientifique, à propos du Congrès géodésique international

actuellement réuni à Washington, d'adopter comme méridien initial universel le méridien de .. Bethléem !!

Nous connaissions déjà l'astronome de la place Vendôme : comme fantaisie, le méridien de Bethléem n'a rien à lui envier. L'observatoire de Greenwich n'a qu'à bien se tenir.

—

Les abréviations du système métrique. Le Comité international des poids et mesures, nanti, par l'initiative du gouvernement de la Confédération suisse, de la question de l'unification des signes abréviatifs du système métrique, et reconnaissant l'utilité pratique d'une telle unification, a chargé une Commission spéciale de l'étude de cette question. Sur le rapport de cette Commission, et après délibération, le Comité a adopté pour ses publications et son usage officiel le système suivant (voir ci-après) des signes abréviatifs pour les poids et mesures métriques.

Le Comité a chargé le Bureau de porter par circulaire ce système de signes abréviatifs à la connaissance des gouvernements des hautes parties contractantes et de leur recommander de favoriser, par des mesures appropriées, son introduction générale dans les différents pays.

Le système proposé a été accepté par le gouvernement suisse et le gouvernement espagnol, le gouvernement d'Autriche-Hongrie, d'accord en principe, a voulu savoir, avant de prendre une décision, si les autres puissances les ont acceptées. Nous ignorons quelles sont les décisions prises par la France depuis l'adoption de ces abréviations, adoption qui date déjà du 2 octobre 1879 ; nous pouvons seulement affirmer que les publications quasi-officielles comme l'*Annuaire de l'observatoire de Montsouris*, par exemple, ne se conforment pas entièrement à ces notations.

Nous regrettons, pour notre part, que les délibérations du Comité international des poids et mesures restent ainsi lettre morte, et n'arrivent aux journaux techniques qu'accidentellement, et avec *cinq ans* de retard.

Nous nous conformerons à l'avenir aux indications du Comité international des poids et mesures; et nous souhaitons vivement que nos confrères s'y conforment aussi ; c'est le seul moyen de diminuer les confusions résultant de notations variées et mal définies.

Voici le tableau complet des abréviations adoptées :

A. Mesures de longueur. — Kilomètre, *km*; mètre, *m*; décimètre, *dm*; centimètre, *cm*; millimètre, *mm*; micron, μ.

B. Mesures de surface. — Kilomètre carré, km^2; hectare, *ha*; are, *a*; mètre carré, m^2; décimètre carré, dm^2; centimètre carré, cm^2; millimètre carré, mm^2.

C. Mesures de volumes. — Mètre cube, m^3; stère, *s*; décimètre cube, dm^3; centimètre cube, cm^3; millimètre cube, mm^3.

D. Mesures de capacité. — Hectolitre, *hl*; décalitre, *dal*; litre, *l*; décilitre, *dl*; centilitre, *cl*; millilitre, *ml*; microlitre, λ.

E. Poids. — Tonne, *t*; quintal métrique, *q*; kilogramme, *kg*; gramme, *g*; décigramme, *dg*; centigramme, *cg*; milligramme, *mg*.

On emploiera pour les abréviations des caractères italiques non suivis d'un point à droite; les abréviations devront être placées sur la même ligne que les chiffres, et après le dernier, que ce soit un entier ou une décimale.

—

Éclairage électrique domestique. — Au dernier Congrès de l'Association britannique pour l'avancement des sciences tenu à Montréal, M. W. H. Preece a décrit en détail son installation privée d'éclairage électrique à Wimbledon.

Cette installation comprend un moteur à gaz, type de deux chevaux actionnant une petite machine Gramme de 36 ampères et 42 volts.

Le courant produit par cette machine charge des accumulateurs : M. Preece a donné la préférence à la forme originale combinée par M. Gaston Planté, il y a vingt-cinq ans. Ces accumulateurs, au nombre de 17, se composent simplement de deux feuilles de plomb carrées plongeant dans de l'eau acidulée sulfurique. Le jardinier de la maison est chargé de la surveillance et de l'entretien du système.

Tous les deux jours, il met le moteur en marche depuis neuf heures du matin jusqu'à une heure de l'après-midi; la quantité d'énergie emmagasinée dans les accumulateurs est alors suffisante pour l'éclairage du jour et celui du lendemain.

Tout l'appareillage est soigneusement étudié et confortablement organisé; il est combiné sur le principe des foyers interchangeables; d'autres lampes portatives permettent d'aller à la cave ou de se promener dans le jardin en déroulant un fil souple, ce qui est une opération des plus simples avec l'appareillage adopté. M. Preece a poussé le luxe jusqu'à établir pour l'amusement de sa petite-fille une habitation complète de poupée, comportant quatre petites pièces dont chacune d'elles est éclairée par une petite lampe.

Les lampes de l'habitation ne demandent que 30 volts de force électromotrice ; pour montrer que cette tension est absolument inoffensive, M. Preece met souvent les fils entre les lèvres de ses petits-enfants qui, sans aimer cette petite expérience, n'en éprouvent cependant aucune gêne ni aucun malaise.

L'installation de M. Preece a tout naturellement été sa marotte pour quelques mois; en quittant l'Angleterre pour le Canada, M. Preece laissa la maison sous la direction de sa sœur qui appréhendait l'emploi de la lumière électrique ; il trancha la question en faisant enlever tout l'appareillage à gaz : tout a bien et régulièrement fonctionné pendant son absence. L'emploi des accumulateurs chargés par une machine Gramme actionnée par un moteur à gaz présente donc un caractère pratique.

En ce qui concerne la dépense, voici ce qu'en dit M. Preece :

« Je n'ai pas recherché l'économie, mon désir étant seulement d'assurer le fonctionnement, et n'ayant rien ménagé pour éclairer convenablement la maison. Ma dépense ne saurait donc servir de *critérium*. J'estime cependant qu'une maison d'habitation comme la mienne pourrait être complètement établie dans tous ses détails avec une dépense de £ 7 10 sh. (188 francs) par

lampe. Je ne crois pas dépenser mensuellement plus qu'avec l'éclairage au gaz. La consommation de gaz est certainement moindre, mais je donne un supplément au jardinier pour son travail complémentaire, et j'ai des frais de chiffons, d'huile, etc., mais cette dépense n'est rien à côté du luxe et des commodités de toute sorte que me procure l'éclairage électrique. »

—

Les accumulateurs en Suisse. — M. Emile Reynier vient de se rendre en Suisse pour y fonder une fabrique d'accumulateurs. Son choix s'est fixé sur l'usine hydraulique de MM. Blanc et Cie, forte de 30 chevaux, et actionnée par une dérivation de la Gérine, à Marly-le-Grand près Fribourg.

Espérons que notre collaborateur utilisera cette force pour donner à ses électrodes une *formation complète* et non plus *une ébauche de formation*. M. Reynier avait trop compté peut-être sur la patiente complaisance des consommateurs. S'il réussit à leur fournir bientôt des accumulateurs économiques et réellement *prêts à fonctionner*, il obtiendra le succès dû à ses persévérants efforts.

—

A M. *El*, rédacteur anonyme du Moniteur industriel. — C'est un fait avéré que nous biseautons les cartes; tous les cercles — ceux de Belgique compris — nous sont interdits, et la Société internationale des Électriciens vient de nous prévenir officieusement qu'à l'avenir, et chaque fois que nous aurions à prendre la parole dans son sein, le plateau du verre d'eau sucrée serait retenu à la tribune par une chaine de sûreté.

On comprend maintenant pourquoi, ayant toute honte bue, nous persistons à dire qu'il est inepte de réchauffer l'acide carbonique du moteur de M. *El* à l'aide de la chaleur produite par le moteur lui-même actionnant une dynamo, et pourquoi, malgré les quatre colonnes de premier Paris, — excusez du peu, dirait Rossini, — que nous consacre M. *El* dans le *Moniteur industriel* du 25 octobre (1 franc le numéro, 46, rue de Trévise), nous restons fidèle à la devise du grand Avinain : *N'avouez jamais!*

M. *El* a donc raison de vouloir cesser toute polémique avec nous : qu'il consacre plus utilement son temps si précieux à perpétrer ces belles découvertes mécaniques qui étonnent le public en l'ahurissant. Il nous a déjà doté du moteur léger qui se réchauffe lui-même; il faut un pendant, le monde entier l'attend avec anxiété.

A l'œuvre donc, et que la bonne plume de Tolède de M. *El* lui soit légère, comme ses injures nous l'ont été.

E. H.

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9813. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

INFLUENCE DE L'ISOLEMENT DE LA PILE

DANS LES ESSAIS D'ISOLEMENT

Quand on procède aux essais d'isolement des câbles télégraphiques, soit dans l'usine pendant la fabrication, soit sur la ligne pendant la pose, on emploie presque exclusivement la méthode de la déviation galvanométrique. Cette méthode n'est pas susceptible d'une bien grande exactitude. Supposons, par exemple, un câble dont l'isolement soit de 1000 mégohms, et que la déviation du galvanomètre à miroir correspondante soit de 100 divisions, une erreur de lecture de 1 division de l'échelle conduira à une erreur de 10 mégohms sur l'isolement du câble.

Tel est en pratique le degré d'exactitude sur lequel on peut compter.

Il importe donc de ne pas ajouter aux incertitudes de lecture de nouvelles causes d'erreur, provenant le plus souvent de la résistance anormale de la pile ou de son isolement défectueux.

Il convient, pour cela, de sectionner les 100 ou les 200 éléments dont se compose ordinairement la pile en groupes de 20 à 30 éléments indépendants les uns des autres, et faciles à associer en série au moyen d'un commutateur.

Si un accident se produit, il suffit d'exclure le groupe défectueux, et l'on n'est point contraint d'interrompre les essais chaque fois qu'il y a lieu de réparer la pile.

La résistance intérieure atteint parfois des valeurs considérables ; il est bon de la mesurer fréquemment, et nous conseillerons vivement l'emploi de la méthode de Munro, qui nous a toujours donné d'excellents résultats comme rapidité et comme exactitude.

L'isolement de la pile a aussi une grande importance, et bien souvent on ne s'en préoccupe pas assez. Le défaut d'isolement provient presque uniquement des dérivations causées par les efflorescences de sulfate de zinc connues sous le nom de sels grimpants. Dans les installations fixes où les piles sont entourées

des plus grandes précautions et des soins les plus assidus, on ne parvient pas à les éviter ; qu'est-ce donc quand il s'agit d'installations volantes comme pour la pose des câbles, où la pile doit subir les cahots de la route et les inclémences de l'atmosphère ?

Voici comment il convient d'opérer pour mesurer la résistance d'isolement de la pile :

1° On prend la déviation du galvanomètre avec un élément soigneusement installé et une résistance R telle qu'en shuntant au $\frac{1}{1000}$ on ait une déviation vers le milieu de l'échelle. Une résistance R = 10000 ohms suffit ordinairement (fig. 1).

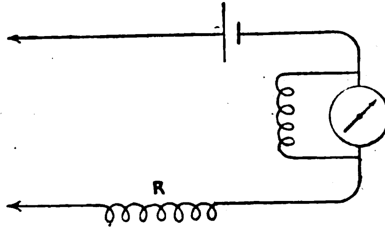


Fig. 1.

On a, en appelant d_1 la déviation et en négligeant la résistance de l'élément et celle du galvanomètre :

$$\frac{e}{R} = d_1. \qquad (1)$$

2° On isole le pôle positif de la pile et l'on met l'autre à la terre à travers le galvanomètre shunté au $\frac{1}{1000}$ et une résistance R' telle qu'on ait une déviation d_2 vers le milieu de l'échelle (fig. 2).

On a, en appelant ρ la résistance d'isolement de la pile et r sa résistance intérieure :

$$\frac{E}{\rho + r + R'} = d_2. \qquad (2)$$

On tire de là :

$$\frac{E}{e} \frac{R}{\rho + r + R'} \frac{d_2}{d_1} = a, \qquad (3)$$

en appelant a le rapport $\frac{d_2}{d_1}$.

On fait une expérience complémentaire pour déterminer le rapport $\frac{E}{e}$.

Pour cela, on charge le condensateur successivement avec

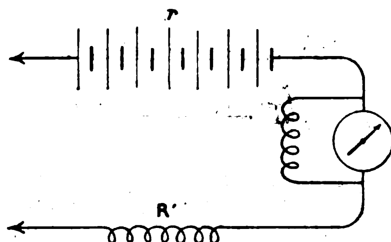


Fig. 2.

l'élément étalon et avec toute la pile, et en le déchargeant à travers le galvanomètre on obtient les impulsions d' et d.

On a :

$$\frac{E'}{e} = \frac{d}{d'} = a'.$$

On remarque que E' n'est que la force électromotrice apparente de lap ile.

Elle est en effet shuntée avec une résistance ρ et elle se comporte par suite comme une pile dont la f. e. m. serait :

$$E' = \frac{E\rho}{\rho + r}.$$

On tire de là :

$$\frac{E}{e} = a' \frac{\rho + r}{\rho}. \qquad (4)$$

De même en mesurant la résistance intérieure de la pile, on observera que si r est la résistance apparente trouvée, la résistance réelle r est donnée par la formule :

$$r' = \frac{r\rho}{\rho + r},$$

d'où l'on tire :

$$r = \frac{r'\rho}{\rho - r}. \qquad (5)$$

L'équation (4) devient :

$$\frac{E}{e} = \frac{a'\rho}{\rho - r'}, \qquad (4\ bis)$$

Et en portant ces valeurs de $\frac{E}{e}$ et de r dans l'équation (3), on arrive à l'équation du deuxième degré en ρ :

$$\rho^2 + \rho\left([illegible] R\frac{a'}{a}\right) - R'r' = o. \qquad (6)$$

Nous allons voir maintenant dans quel sens ces deux termes, résistance et isolement de la pile, peuvent altérer les résultats des expériences d'isolement exécutées sur les câbles électriques.

On sait comment se font ces expériences par la méthode de déviation galvanométrique, la plus usitée pour les bouts de câble d'une très petite longueur : l'enveloppe isolante du câble est mise à la terre; une extrémité de l'âme du câble est isolée ; l'autre est en communication avec une pile d'environ 200 éléments. Un galvanomètre à miroir est placé entre la pile et le câble.

La déviation galvanométrique d est proportionnelle à l'intensité du circuit qui passe de l'âme du câble à la terre à travers l'enveloppe isolante de résistance R. Le câble est ensuite remplacé par une résistance connue R', suffisante pour qu'en employant toute la pile la déviation d' ne sorte pas de l'échelle en shuntant le galvanomètre au $\frac{1}{1000}$. On prend ordinairement 1 mégohm.

La résistance du câble est alors :

$$R = \frac{d'}{d} R'. \qquad (7)$$

Cette seconde opération s'appelle prendre la constante.

Le plus souvent on ne dispose pas d'une résistance aussi forte que 1 mégohm.

On prend alors la constante avec l'élément étalon et une résistance de 10 000 à 20 000 ohms, puis on multiplie le résultat par le rapport des forces électromotrices $\frac{E}{e}$ mesurées au condensateur.

Si on trouve : $$\frac{E}{e} = \frac{d_1}{d'_1},$$

la formule qui donne l'isolement est :

$$R = \frac{d'}{d} \times \frac{d_1}{d_1'} R'. \tag{8}$$

Supposons maintenant que la pile est mal isolée et que ρ soit sa résistance d'isolement et r sa résistance intérieure. On prend la constante avec toute la pile et une résistance R'. En appliquant

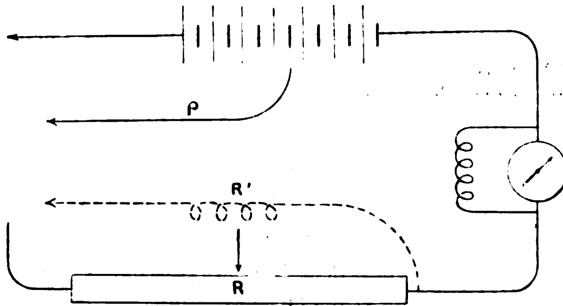


Fig. 3.

les lois de Kirchhoff au circuit de la figure 3, on a pour l'intensité du courant qui traverse le galvanomètre la formule suivante :

$$d' = \frac{E\rho}{\rho r + R'(\rho + r)},$$

où d' est la déviation qui mesure l'intensité. On prend ensuite la déviation du câble d, on a :

$$d = \frac{E\rho}{\rho r + R(\rho + r)}.$$

On tire de là :

$$\frac{d'}{d} = \frac{\rho r + R(\rho + r)}{\rho r + R'(\rho + r)}$$

et :

$$R = \frac{d'}{d} R' + \left(\frac{d'}{d} - 1\right) \frac{\rho r}{\rho + r}. \tag{9}$$

Cette formule donne l'isolement du câble.

On remarquera que le terme $\frac{d'}{d}$ R', c'est l'isolement donné par la formule usuelle. D'ailleurs d' est toujours beaucoup plus grand que d quand on opère sur des câbles bien isolés. On trouve donc pour l'isolement du câble une valeur trop faible si l'on néglige les termes ρ et r.

Mais cet excès peut se calculer facilement. On voit en outre une chose très importante, c'est que le deuxième terme du second membre de l'équation est d'autant plus voisin de zéro que d' est plus rapproché de d. Il y a donc lieu de choisir une résistance de comparaison peu différente de celle du câble, c'est-à-dire au moins 100 mégohms.

On diminuera de cette façon énormément les chances d'erreur.

Nous allons maintenant examiner le cas, et c'est le plus fréquent, où l'on n'a à sa disposition que de moyennes résistances de comparaison : 100 000 ohms au plus.

On prendra d'abord la constante avec l'élément étalon et la résistance de comparaison R', ce qui donnera :

$$d' = \frac{e}{R'}.$$

On prendra ensuite la déviation du câble ce qui donnera :

$$d = \frac{E\rho}{\rho r + R(\rho + r)};$$

Puis on déterminera le rapport $\frac{E}{e}$ à l'aide du condensateur. Si d_2' et d_1' sont les décharges du condensateur on a, toutes corrections faites :

$$\frac{E}{e} = \frac{d_2'}{d_1'}\frac{\rho + r}{\rho}.$$

De ces équations, on tirera la valeur de R :

$$R = \frac{d'}{d}\frac{d_2'}{d_1'}R' - \frac{\rho r}{\rho + r}. \qquad (10)$$

Le premier terme du second membre de l'équation précédente n'est autre chose que l'expression usuelle. On voit cette fois qu'en négligeant les termes ρ et r on trouve pour l'isolement du câble un nombre trop fort.

Si l'on compare les formules 9 et 10, on voit que dans la première, l'erreur est beaucoup plus considérable que dans la seconde car elle est multipliée par le facteur $\frac{d'}{d} - 1$, qui est voisin de 1000 quand on opère sur un kilomètre de câble en prenant $R' = 1$ Mégohm, et de 10 si $R' = 1000$ Mégohms. Néanmoins comme la première méthode ne comporte que deux lectures au lieu de quatre, elle doit être préférée.

Ce qui ressort de tout ceci, c'est l'avantage des fortes résistances de comparaison de 100 mégohms et plus.

Ces résistances sont construites de la manière suivante : Sur un cylindre d'ébonite, on trace une rainure hélicoïdale que l'on remplit ensuite d'une pâte de charbon. Les contacts sont obtenus au moyen de pièces métalliques noyées dans l'ébonite, qui affleurent le fond de la rainure et sont en communication avec les bornes d'attache.

Une fois l'appareil réglé, et ce réglage ne laisse pas que d'être assez délicat, on le recouvre d'un vernis pour maintenir la pâte de charbon dans la rainure. Enfin l'appareil est protégé par une chemise en laiton.

Ces appareils sont d'une utilité incontestable, se recommandent par leur bon marché, et nous souhaiterions que l'usage s'en répandît dans les laboratoires français.

DONALD MAC NAB.

MESURE DE LA COMPOSANTE HORIZONTALE

DU MAGNÉTISME TERRESTRE

PAR LA MÉTHODE DE L'AMORTISSEMENT

La composante horizontale T du magnétisme terrestre se détermine ordinairement en valeur absolue, par la méthode de

Gauss, qui donne en même temps le moment magnétique M du barreau. Mais l'application de cette méthode présente plusieurs inconvénients. Il faut employer deux barreaux et faire deux observations, indépendantes l'une de l'autre, séparées par un intervalle de temps assez long, pendant lequel la force terrestre a pu varier.

Je me suis proposé d'appliquer à cette recherche l'ancienne observation de Gambey et d'Arago sur le prompt amortissement des aimants oscillant au-dessus d'une plaque épaisse de cuivre. On sait qu'un barreau aimanté oscillant à l'intérieur d'une bobine couverte de fils éprouve un amortissement très différent, suivant que la bobine constitue un circuit ouvert ou un circuit fermé.

En mesurant l'amortissement dans les deux cas, on obtient par différence le moment h de la réaction que les courants induits exercent sur l'aimant mobile. Cet élément est lié au moment magnétique du barreau oscillant M, et aux constantes électriques de la bobine, résistance exprimée en ohms W et constante galvanométrique G exprimée en centimètres, par la formule connue :

$$M^2 = WG^2 h.$$

Si donc on mesure h, et si l'on connaît les constantes WG^2 au moment de l'observation, on pourra calculer M.

Or, comme on a déjà déterminé le couple directeur TM, au moyen de la durée d'une oscillation et de la connaissance du moment d'inertie, on peut par une division obtenir le nombre T, en valeur absolue, en unités C. G. S. par exemple, si tous les autres éléments ont été mesurés avec les unités correspondantes.

Cette méthode est très simple et très rapide; elle nécessite l'emploi d'un seul aimant, qui peut être toujours le même, et elle dure quelques minutes à peine. En outre, elle paraît peut-être plus précise encore que la méthode de Gauss, puisqu'elle donne la composante horizontale au moment précis de l'observation. d'ailleurs l'amortissement d'un mouvement oscillatoire est un des éléments physiques les plus faciles à déterminer avec sûreté, lorsqu'on prend les précautions convenables pour avoir de bonnes oscillations; et l'observation peut en être faite en même temps que celle de la durée des oscillations.

Il y a cependant deux inconvénients qui pourraient perturber profondément les mesures, si on ne cherchait à en tenir compte.

D'abord la self-induction a pour effet d'altérer les courants induits. Il faudrait donc à chaque observation faire une correction convenable; mais il est plus simple d'éliminer cette cause d'erreur; on y parvient en prenant une bobine ayant un petit nombre de tours de fils, et surtout en attachant à l'aimant une pièce ayant un fort moment d'inertie, pour que la durée d'une oscillation soit assez longue.

Ensuite la variation de la déclinaison a pour effet de rendre l'amortissement dissymétrique, et se présente comme une irrégularité des oscillations. On peut ne pas tenir compte de cette cause d'erreur, en ayant soin de faire des observations rapides et de considérer un nombre pair d'amplitudes. La déclinaison peut alors être regardée comme ayant varié régulièrement.

Les constantes de la bobine à déterminer au préalable, sont la résistance électrique W, que l'on mesurera par les procédés ordinaires, et que l'on ramènera, au moyen d'une correction convenable, à la température de l'observation, puis la constante galvanométrique G. Ce dernier élément est assez délicat à obtenir, par les procédés ordinaires; mais on pourrait le conclure des premières observations d'amortissement, si l'on avait soin de mettre dans la bobine un barreau dont le moment magnétique serait déterminé d'avance par la méthode de Gauss.

J'ai appliqué la méthode de l'amortissement, telle que je viens de la décrire, avec une bobine dont les éléments électriques avaient été mesurés à part. J'ai déterminé la composante horizontale terrestre, dans mon observation magnétique de Villeneuve-Saint-Georges. De nombreux résultats très concordants que j'ai obtenus, je détache les observations suivantes, dans lesquelles les deux méthodes ont été employées concurremment (unités C. G. S.).

DATES.	AIMANTS.	MÉTHODE DE GAUSS.	MÉTHODE DE L'AMORTISSEMENT.
25 septembre 1881.	A	0,19 430	0,19 381
	B	19 413	19 532
26 septembre.	M	0,19 487	0,19 512
	N	19 450	19 464

Comme on le voit, les résultats sont aussi concordants que possible, et la méthode que je signale semble mériter toute confiance.

J.-B. Baille

TÉLÉGRAPHIE ET TÉLÉPHONIE SIMULTANÉES

PAR LES MÊMES FILS

SYSTÈME F. VAN RYSSELBERGHE

(3e article[1]).

Dans un numéro précédent nous avons reproduit un article du journal officiel belge relatant les expériences qui inauguraient le système Van Rysselberghe en Belgique.

Déjà alors les ingénieurs des télégraphes de l'État, ayant voulu essayer par eux-mêmes les lignes munies des nouveaux disposi tifs imaginés par M. Van Rysselberghe, s'étaient livrés à une véritable enquête scientifique dans laquelle ils constatèrent qu'il existait encore, sur certains circuits, tant soit peu d'induction télégraphique qui ne gênait en rien la conversation par téléphone. Ils furent d'accord pour attribuer les légers bruits d'induction, non pas à un défaut du système, mais à ce que, pour des raisons d'économie, on avait dû négliger d'appliquer d'une façon générale à tous les appareils télégraphiques du réseau belge le dispositif complet qui constitue l'invention elle-même. On put constater aussi qu'avec les microphones employés actuellement tels que ceux d'Édison, de Gower, de Bell, de Berliner, de Blake, d'Ader, de Crossley, la transmission de la parole était parfois un peu faible, et que ce défaut ne faisait que s'accentuer lorsqu'on correspondait à de longues distances. Il est du reste incontestable que dans tous les pays où l'on appliquera le système Van Rysselberghe, les abonnés du téléphone auront le plus grand

[1] Voy. l'*Électricien* du 15 octobre et du 1er novembre 1884, nos 85 et 86.

intérêt, en vue non seulement de la téléphonie de ville à ville, mais encore de la transmission de messages parlés de pays à pays, de signaler aux compagnies qui exploitent les réseaux téléphoniques les appareils qui laissent à désirer, afin qu'il soit procédé à leur vérification à bref délai. A cet effet M. F. Van Rysselberghe a imaginé une modification des plus simples aux transmetteurs actuellement en usage pour le cas où les compagnies de téléphones reculeraient devant la dépense que nécessite le remplacement des microphones.

Revenons maintenant aux expériences qui suivirent immédiatement les auditions musicales des concerts du Waux-Hall à Bruxelles. M. F. Van Rysselberghe prit toutes les dispositions nécessaires pour faire entendre par téléphone, à LL. MM. le roi et la reine, de leur chalet bâti, comme on sait, au bord de la mer, à Ostende, les opéras exécutés sur la scène du théâtre royal de la Monnaie, à Bruxelles, *et cela toujours par les fils du télégraphe, sans déranger ceux-ci de leur service.* Le succès fut complet : le vendredi 5 septembre SM. la reine put entendre de ses appartements, à Ostende, le premier et le dernier acte de *Faust*, et le 7 septembre, tout l'opéra des *Huguenots*.

Comme pour l'expérience du Waux-Hall, six microphones Van Rysselberghe avaient été installés le long de la rampe; un double transmetteur à charbon disposé comme nous l'avons indiqué dans un article précédent avait été placé en face du trou du souffleur; deux appareils semblables étaient posés de chaque côté du chef d'orchestre, de façon à faire face aux musiciens. Enfin, pour compléter l'installation, un microphone était, en outre, placé près de chaque loge d'avant-scène, faisant face aux chanteurs. Pour toutes les expériences qui ont eu lieu jusqu'ici et afin de gagner de la place, on n'avait installé de chaque microphone que la planchette et les charbons, placés dans un cadre métallique; le tout était monté dans une boîte en zinc, sauf pour les microphones placés à côté du chef d'orchestre et aux avant-scènes; ceux-ci étaient disposés de façon à recevoir le son sur les deux faces. Comme tous les transmetteurs étaient montés en quantité; ils ne formaient à proprement parler qu'un même microphone, et communiquaient à une seule bobine placée près de l'accumulateur Faure installé sous la scène.

Le circuit était formé par un des fils aériens que la compagnie du téléphone Bell avait obligeamment mis à la disposition de l'inventeur. Ce fil, mené jusqu'au bureau central, était de là conduit à la gare du Nord. De ce point le circuit était formé par le réseau de l'État jusqu'à la gare d'Ostende. Un fil spécial réunissait cette station au chalet royal, situé au bord de la mer. La longueur totale du circuit était de plus de 130 kilomètres de fil aérien.

Pendant ces expériences M. l'ingénieur Bertin, de la direction des télégraphes de l'État belge, qui avait dirigé toute l'installation avec l'inventeur, se trouvait au bureau des télégraphes d'Ostende; M. F. Van Rysselberghe se tenait tantôt au bureau de Bruxelles Nord, tantôt au théâtre de la Monnaie, de façon à pouvoir suivre le fonctionnement des appareils à l'aide d'un commutateur intercalé dans le circuit. Au moyen d'un transmetteur spécial il annonçait aux auditeurs du chalet royal le commencement de chaque acte.

Lorsque LL. MM. quittèrent Ostende pour se rendre à leur résidence aux environs de Bruxelles, la reine, qui avait pris le plus grand intérêt à ces auditions musicales, désira qu'une installation permanente fût faite au palais de Laeken, de façon qu'elle pût entendre tous les soirs les représentations du théâtre de la Monnaie, à Bruxelles. S. M. voulut assister à l'installation des appareils et suggéra même d'excellentes idées à l'inventeur pour la pose des appareils, qui furent placés dans la bibliothèque du château, attenant au boudoir de la reine. C'est le mardi 16 septembre que l'installation fut terminée et que S. M. put entendre tout l'opéra de *Guillaume Tell* dans le mystère et le recueillement du téléphone.

Le soir même la reine adressait un télégramme à l'inventeur pour le féliciter, lui et tous ceux qui avaient prêté leur concours à cette remarquable installation.

Enfin le 27 septembre la belle découverte du savant belge est passée définitivement du domaine des expériences dans celui de la pratique. En effet à cette date, comme nous le rappelions dans l'article précédent, le service a été ouvert au public entre Anvers et Bruxelles et les abonnés des deux grandes villes ont pu correspondre gratuitement et à titre d'essai. Depuis, la loi établis-

sant la téléphonie à grande distance et les arrêtés réglant ce nouveau service ont paru au *Moniteur officiel belge* sous la date du 10 octobre. Le service des communications par téléphone entre Anvers et Bruxelles a été définitivement ouvert le 20 octobre dernier. Depuis lors le nombre des messages téléphoniques entre ces deux grandes villes s'accroît dans des proportions qui dépassent toutes les prévisions.

Voici, en résumé, le tarif des correspondances téléphoniques à grande distance dans toute la Belgique :

Pendant le jour. — 1 franc par cinq minutes de conversation effective. — 1 fr. 50 pour une période de plus de cinq minutes.

Pendant la nuit. — (Depuis neuf heures du soir jusqu'à sept heures du matin) la taxe est doublée.

L'application de la taxe a lieu à partir du moment où la communication directe est établie. La durée effective d'une correspondance ne peut excéder dix minutes.

Bientôt dans les autres villes qui possèdent des réseaux téléphoniques (Gand, Liège, Louvain, Charleroi, Verviers, Mons), les abonnés pourront correspondre de ville à ville par téléphone; et la Belgique, qui a inauguré le premier chemin de fer du continent, sera aussi le premier pays où l'on a pu correspondre par téléphone d'un bout à l'autre du territoire en *utilisant les fils du télégraphe et sans déranger ceux-ci de leur service.* CHARLES MOURLON.

AFFINAGE DU CUIVRE

Le nouvel ouvrage de M. H. FONTAINE : *Electrolyse*, est le traité le plus complet et le plus pratique que nous possédions sur les opérations métallurgiques au point de vue industriel. L'obligeance de l'auteur nous a permis d'en détacher un chapitre qui vaudra le meilleur éloge bibliographique que nous en puissions faire.

E. H.

Pour obtenir du cuivre chimiquement pur et retirer des cuivres bruts les quantités souvent notables d'or et d'argent qu'ils renferment, on fait généralement usage de bains de sulfate de cuivre et de cathodes minces en cuivre préalablement purifié.

Le courant électrique doit ici, comme dans toutes les applications d'électrolyse, fournir le travail nécessaire à la décomposition chimique, vaincre les diverses résistances qui s'opposent à son passage dans le bain : résistance métallique, polarisation des électrodes, etc. Il faut également que l'énergie électrique effectue le transport des atomes métalliques sur les cathodes.

Dans un bain de sulfate de cuivre avec des anodes en cuivre, le sulfate est décomposé sous l'action du courant, le cuivre porte sur la cathode; l'acide sulfurique attaque l'anode et régénère le sulfate de cuivre décomposé par le courant, de sorte que de ce chef le travail produit est égal au travail dépensé.

Si les métaux sur lesquels on opère n'avaient pas d'impuretés, et si l'opération était conduite avec soin, il n'y aurait aucun dégagement gazeux, et, par suite, aucune polarisation.

Dans la galvanoplastie, on peut considérer le travail du transport comme nul, eu égard à la résistance des bains, car le poids de métal déposé est insignifiant; mais dans l'affinage, où une seule machine précipite souvent plus de 10 kilogrammes de cuivre par heure, le travail moteur nécessité par le transport n'est pas négligeable. Cependant, cette partie de la dépense est toujours très petite, et l'énergie électrique est presque entièrement employée à vaincre la résistance qu'opposent les bains au passage du courant.

Il suffit donc de connaître l'intensité du courant en ampères et la résistance des bains en ohms, pour calculer la force motrice nécessaire à une production de cuivre donnée. Un coefficient, variant avec la nature des cuivres à traiter et l'allure de la machine, est ensuite appliqué pour chaque cas particulier.

En désignant par k ce coefficient, la formule déterminant le travail moteur sera :

$$T = k\frac{RI^2}{g} \text{ kilogrammètres par seconde.}$$

Or il est toujours possible de diminuer la résistance d'un bain, en augmentant la surface des anodes et des cathodes, et de diminuer l'intensité d'un courant, pour une production donnée, en mettant plusieurs bains en série et en leur donnant une résistance totale égale à celle du bain primitif. On peut donc, à volonté, réduire la dépense d'électricité et, [par suite, celle du travail moteur, et cela

dans des limites très étendues. Ainsi, par exemple, on peut facilement concevoir une usine dans laquelle le matériel est disposé pour raffiner une tonne de cuivre par heure, en ne dépensant qu'un seul cheval de force motrice, si l'on ne cherche uniquement qu'à diminuer le travail moteur, sans se préoccuper de l'emplacement exigé, des frais d'installation, du prix de revient réel de l'affinage.

La force dépensée n'est, en effet, qu'un des éléments économiques de la question, et lorsqu'on dispose de chutes d'eau, c'est souvent le moins important. Les dimensions des installations et la quantité de métal à traiter peuvent être les causes déterminantes de l'insuccès d'une manufacture; car l'intérêt du capital engagé peut atteindre et même dépasser le bénéfice brut réalisé par l'opération elle-même. Lorsqu'on raffine une quantité de cuivre avec une force motrice déterminée, et qu'on veut doubler la production sans augmenter la force motrice, il est nécessaire de quadrupler la quantité de métal en traitement, ce qui augmente dans une très grande mesure les frais de premier établissement. Le capital immobilisé devient alors considérable, eu égard au chiffre annuel des affaires.

La limite au delà de laquelle il faut augmenter le débit de la source électrique est même beaucoup plus rapprochée qu'on ne le croirait au premier abord. Une seule installation vraiment industrielle possède cent vingt bains en tension, actionnés par deux machines dynamo-électriques couplées également en tension, et nous croyons qu'il ne faudrait pas dépasser cette proportion entre les machines et les bains pour rester dans des conditions véritablement économiques.

C'est Elkington, l'heureux inventeur de l'argenture et de la dorure industrielles, qui a, le premier, raffiné le cuivre au moyen de machines à courants alternatifs redressés. Les brevets datent de 1866; ils n'ont rien de particulier, ni comme composition de bain, ni comme emploi de l'électricité, mais ils sont très explicites : « Le cuivre brut, y lisons-nous, constitue la lame qui se dissout dans une solution convenable; à mesure que cette lame se dissout, du cuivre pur est déposé sur des surfaces minces en cuivre en connexion avec le pôle négatif. Il est préférable de se servir d'une série de cuves et d'actionner le système entier par une machine magnéto-électrique. Les cuves sont chargées d'une solution presque saturée de sulfate de cuivre. »

Le raffinage électrolytique du cuivre est pratiqué depuis dix ans par la *Norddeutsche Affinerie*, à Hambourg, par MM. Œschger et Mesdach à Biache, par M. Hilarion Roux à Marseille, par la fonderie de Oker en Saxe, par les mines de Mansfeld, par la maison Lyon-Allemand à Paris, par M. André à Francfort, etc., et par plusieurs grands

industriels anglais, notamment par Elkington et par la maison Elliott, de Selly Oak, près Birmingham.

Affinerie de Hambourg. — Tous les cuivres raffinés ne sont pas également conducteurs de l'électricité, leur degré de pureté et, par suite, de conductibilité dépend de la nature du métal soumis à l'opération électrolytique et de la manière de conduire l'opération. Le cuivre qui a, en ce moment, la meilleure réputation est celui qui est fabriqué sous la direction et d'après le système de M. le docteur Wohlwill, par la *Norddeutsche Affinerie*, de Hambourg. Le courant, dans cette manufacture, est obtenu par six machines Gramme du type numéro 1, et par une machine beaucoup plus puissante construite spécialement pour M. Wohlwill en 1873.

L'entrée des ateliers de la *Norddeutsche Affinerie* est interdite au public, de sorte qu'il ne nous a pas été possible de nous procurer des renseignements précis sur tous les procédés en usage à Hambourg ; nous donnerons plus loin les éléments principaux de l'installation électrique, mais nous pouvons déjà dire que, à notre avis, il n'y a aucun secret de fabrication. M. Wohlwill est un chimiste intelligent, fort entendu dans toutes les questions d'électricité; il ne laisse rien à l'imprévu : ses bains sont préparés avec soin, entretenus toujours aux mêmes degrés de concentration et de température ; ses machines tournent à des vitesses régulières et elles sont toujours en parfait état de fonctionnement; ses cuivres sont analysés minutieusement avant et après l'opération; bref, installation, courant, bains, manipulations, tout concourt à un résultat satisfaisant. De là, seulement, vient la supériorité des cuivres livrés par la *Norddeutsche Affinerie*.

La production quotidienne de cette usine atteint 2 tonnes et demie (2500 kilogrammes) de cuivre chimiquement pur. Les cuivres traités contiennent souvent des métaux précieux qu'on retrouve dans le bain après l'opération. En 1880, la quantité d'or fin recueillie à Hambourg s'est élevée à 1200 kilogrammes.

Voici quelques détails sur l'installation électrique proprement dite :

La première machine à courant continu exécutée pour le docteur Wohlwill est représentée figure 1. Elle est pourvue de deux collecteurs et de quatre balais. Chaque collecteur a vingt sections. Les spires de la bobine sont formées chacune de sept bandes de cuivre de 10 millimètres de largeur et de 3 millimètres d'épaisseur; il y a quarante groupes de lames correspondant aux quarante sections des deux collecteurs, de sorte que chaque spire est formée de deux demi-spires identiques juxtaposées et soudées à leurs extrémités avec une pièce rayonnante qui les relie à une des sections du double col-

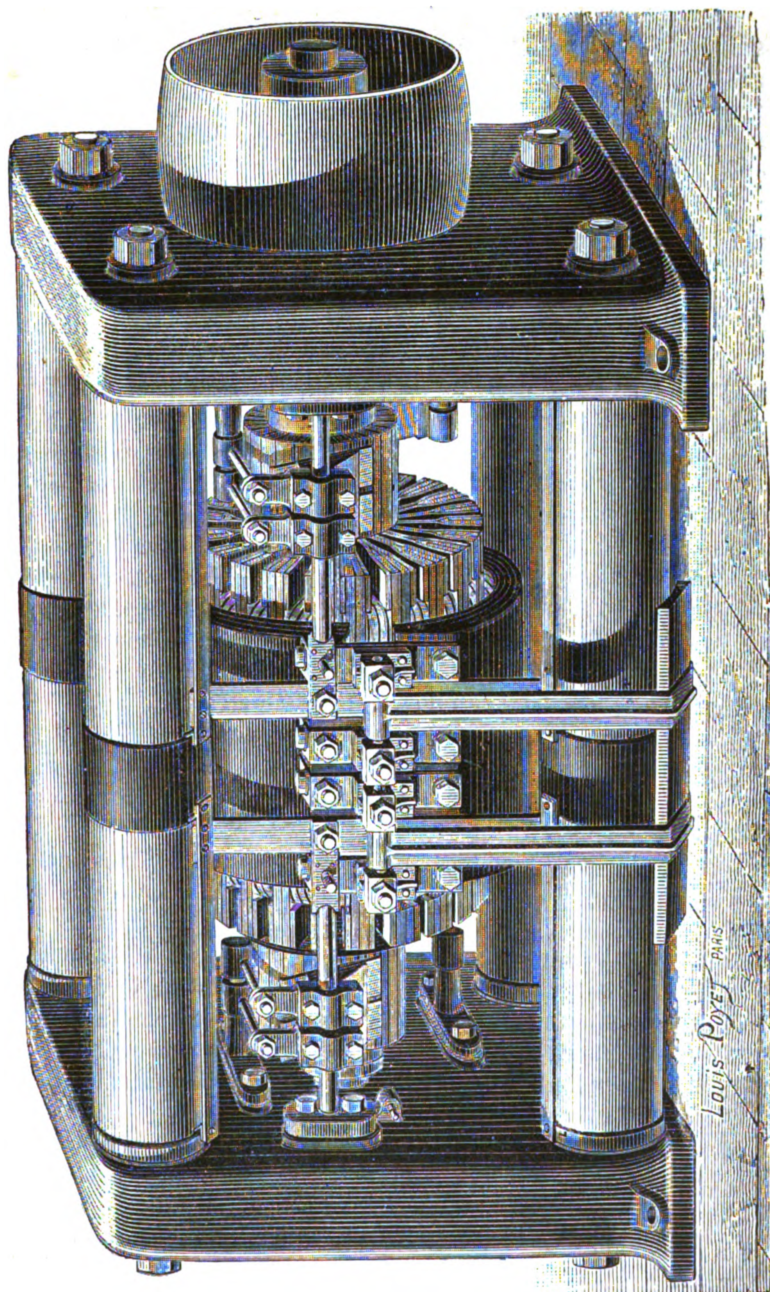


Fig. 1. — Machine Gramme pour l'affinage du cuivre.

lecteur. L'anneau induit est donc formé de quarante bobines partielles, dont vingt sont reliées au collecteur de droite et vingt au collecteur de gauche.

La résistance totale de l'anneau induit est de 0,0004 ohm. Quand les deux parties sont couplées en quantité, cette résistance n'est plus que de 0,0001 ohm.

A la vitesse de 500 tours par minute, la force électromotrice est égale à 8 volts pour le couplage en tension et à 4 volts pour le couplage en quantité.

Les huit électro-aimants de cette machine ont des noyaux de fer de 120 millimètres de diamètre et de 410 millimètres de longueur. Sur ces noyaux s'enroule trente-deux fois une feuille de cuivre qui a pour largeur la longueur de l'électro et une épaisseur de $1^{mm},1$. La résistance des huit inducteurs dans un seul circuit est de 0,00142 ohm. Lorsque les huit électros sont groupés en deux séries, leur résistance devient 0,00028 ohm. La résistance totale de la machine est donc de 0,00038 ohm en quantité et de 0,00182 ohm en tension.

Le poids total du cuivre qui entre dans la construction des induits et des inducteurs est de 735 kilogrammes. La machine entière a $1^{m},50$ de longueur, 75 centimètres de largeur, 1 mètre de hauteur. Elle pèse environ 2500 kilogrammes. Son débit normal est de 3000 ampères pour le couplage en quantité et de 1500 ampères pour le couplage en tension. Sa puissance totale est donc de 12 000 watts.

Les bains sont au nombre de 40, associés en deux séries de 20. La surface des anodes plongées dans chaque bain est d'environ 30 mètres carrés, ce qui correspond à une surface active totale de 1200 mètres carrés.

Les cathodes en cuivre affiné ont environ 1 millimètre d'épaisseur.

La distance entre les anodes et les cathodes est d'environ 5 centimètres.

La quantité de cuivre déposée par heure est de $30^{kg},50$, et par jour d'environ 800 kilogrammes. La machine fonctionne nuit et jour depuis neuf ans. La force motrice consommée est de 16 chevaux, ce qui correspond à un travail de 4 320 000 kilogrammètres par heure. Chaque kilogramme de cuivre traité consomme donc 141 700 kilogrammètres (environ un demi-cheval-heure).

La *Norddeutsche Affinerie* possède en outre deux autres séries de bains qui économisent encore davantage la force motrice. Ces bains sont, dans l'une et l'autre de ces séries, au nombre de 120 réunis en tension. Chacun d'eux a 15 mètres de surface d'anodes et une résistance de 0,00084 ohm. La résistance totale des 120 bains est, par conséquent, de 0,1 ohm.

Le courant est fourni par deux machines Gramme, type numéro 1, couplées en tension, pouvant débiter 300 ampères au maximum, avec 27 volts de force électromotrice totale à 1500 tours par minute.

La quantité de cuivre affiné est de 900 kilogrammes par vingt-quatre heures.

La force motrice dépensée est de 12 chevaux, ce qui correspond à 80 000 kilogrammètres environ par kilogramme de cuivre traité.

Nous reviendrons plus loin sur cette installation, qu'on peut considérer comme la mieux comprise de toutes celles qui existent.

Installation de MM. Oeschger, Mesdach et Cie. — MM. Œschger, Mesdach et compagnie ont établi, dans leur usine de Biache-Saint-Waast (Pas-de-Calais), une machine Gramme indentique à celle qui a été étudiée pour M. Wohlwill, et que nous avons représentée page 449. Cette machine fournit le courant à 20 bains, et sa production journalière est de 400 grammes.

Les bains sont en bois de 7 centimètres d'épaisseur, doublé de plomb. Ils ont coûté 350 francs l'un, indépendamment des cadres et des conducteurs. Leur longueur est de 3 mètres, leur largeur de 80 centimètres et leur profondeur de 1 mètre. Les deux pôles de la machine sont mis en contact avec deux cadres en cuivre qui surmontent les bains. Ces cadres sont d'une seule pièce. Le châssis négatif est en dessous et isolé, bien entendu, du châssis positif.

Les bains sont couplés en tension. Le cadre positif de l'un est mis en communication avec le cadre négatif du suivant au moyen d'un conducteur en cuivre recourbé, de manière à laisser un passage libre entre les bains.

Un galvanomètre indique la direction et la force du courant et dénonce le courant de polarisation. Un brise-courant vient suspendre automatiquement l'opération quand le contre-courant devient trop intense.

Le bain se compose d'une solution de sulfate de cuivre maintenue uniformément à 19 degrés Baumé. Lorsque le bain est trop chargé de fer, on le purifie par cristallisation.

Les bains sont tous au même niveau; à cet effet, ils communiquent entre eux par le fond.

Le dépôt de cuivre s'opère sur des cathodes en cuivre suspendues à chaque traverse du cadre négatif. Les cathodes ont environ 1 millimètre d'épaisseur et sont simplement repliées à leur partie supérieure pour s'accrocher aux traverses du cadre.

Les minerais sont traités comme si l'on voulait seulement en faire du cuivre marchand; on les amène à une teneur de 95 pour 100 de

cuivre, en ayant soin de prendre les mesures nécessaires pour que ce cuivre brut ne soit pas trop chargé en fer, soufre, arsenic, antimoine, etc. Lorsqu'il est à cet état, on le coule en plaques de 1 centimètre environ d'épaisseur moyenne. (L'épaisseur va en diminuant depuis la partie supérieure, voisine du cadre conducteur, jusqu'à la partie qui plonge au fond du bain.)

Pour empêcher l'usure trop rapide de certaines parties, notamment de celles qui sont en contact avec la partie supérieure du bain, on les recouvre d'un enduit non conducteur composé de vernis et de chromate de plomb.

Ces plaques fondues, servant d'anodes solubles, sont suspendues aux traverses du cadre supérieur par deux crochets en cuivre passant dans deux trous ménagés dans chaque plaque.

Chaque bain contient 88 anodes et 69 cathodes de surfaces totales égales. Les anodes sont montées en 22 rangées de 4; elles ont 70 centimètres de longueur sur 15 centimètres de largeur et 1 centimètre d'épaisseur moyenne. Les cathodes sont montées en 23 rangées de 3; elles ont 85 centimètres de longueur, 18 centimètres de largeur et 1 millimètre d'épaisseur uniforme. En mesurant la double surface immergée des anodes, on trouve une surface totale de 1200 mètres carrés en action.

La distance entre les anodes et les cathodes est de 7 centimètres.

Le cuivre se dépose sur les cathodes en couche épaisse, assez unie pour être portée directement au laminage. Souvent on détache le dépôt, ce qui s'opère facilement, et on le fond à nouveau.

L'argent tombe au fond du bain sous forme de boue, avec les autres impuretés de cuivre et les débris d'anodes ou de cathodes qui se détachent quelquefois.

On décante les bains au moyen de siphons en plomb, et on lave les boues; puis on les fait passer à travers un crible, sur lequel restent les débris du cuivre. Les boues sont ensuite fondues avec de la litharge ou simplement avec un flux réductif. Les matières ainsi obtenues sont coupellées avec du plomb argentifère.

Les liqueurs des bains, qui sont rendues dans un bassin inférieur de décantage, sont remontées dans un bassin supérieur pour être de nouveau employées. L'élévation des liquides se fait au moyen d'un petit giffard très simple, en plomb, qui a été, croyons-nous, imaginé par M. Thiollier.

Deux ouvriers suffisent à tout le travail, les manipulations étant presque nulles, et aucun dérangement accidentel dans l'installation des bains et la machine dynamo n'étant à craindre. En cinq ans, il ne s'est produit que deux arrêts d'une certaine importauce; l'un

d'eux ayant été occasionné par la remise en état des collecteurs de la machine Gramme, MM. Œschger et Mesdach ont fait faire une bobine de rechange pour éviter qu'il se renouvelle.

Le directeur de l'usine de Biache, M. Mascart, a fait quelques expériences pour déterminer l'influence des anodes insolubles dans l'affinage du cuivre par l'électrolyse. Voici le résumé de son travail :

1° Un gramme de cuivre a été dissous dans l'acide nitrique et transformé complètement en sulfate. Il a fallu trois heures quinze minutes pour déposer ce gramme de cuivre en agissant avec des anodes insolubles en platine.

2° Un gramme d'argent transformé en sulfate et soumis à l'action du même courant, avec anode également insoluble, a exigé une heure seulement pour son dépôt complet.

3° Enfin, le même essai a été fait avec 1 gramme de cuivre et anode soluble. En une heure, il a été déposé 1,37 gramme, ce qui correspond à 1 gramme en quarante-trois minutes.

De ces essais on peut conclure que, dans les conditions où M. Mascart s'était placé, l'emploi des anodes insolubles exige pour un même dépôt un courant ou, ce qui revient au même, une force motrice quatre fois plus considérable qu'avec des anodes solubles. Mais nous verrons que ce rapport de 1 à 4 n'a rien d'absolu et que l'emploi des anodes insolubles entraîne toujours une dépense d'électricité considérable.

Installation a Francfort. — M. André, de Francfort, s'est livré, pendant plusieurs années, à des opérations de raffinage avec des machines Gramme. Nous ne croyons pas que ses procédés, assez ingénieux d'ailleurs, soient employés dans des installations pratiques.

Son système était basé sur l'extraction électrolytique des métaux hors des *mattes*, *speiss*, etc., contenant du nickel, du cobalt et du cuivre, et sur l'introduction d'un cadre rempli de grenailles de métal entre l'anode et la cathode. Lors de la précipitation d'un métal hors d'un alliage par voie électrolytique, le métal plus positif contenu dans le cadre précipite un métal de la solution employée.

L'inventeur se servait aussi de cathodes coniques rotatives pour éviter la polarisation.

M. André employait du sulfate d'ammoniaque pour la précipitation simultanée du cuivre et du nickel, de l'acide sulfurique dilué pour la séparation des métaux dans les anciennes monnaies et du chlorure sodique pour l'extraction de l'étain dans le vieux fer-blanc.

Dans le traitement des vieilles monnaies, les pièces servaient d'anodes. Entre les anodes et les cathodes, on introduisait un cadre

recouvert de chaque côté d'une toile de coton et rempli de grenailles de cuivre. Ce cadre divisait le bain en deux parties. Sous l'action du courant, l'argent et le cuivre se dissolvaient dans le bain d'acide sulfurique dilué; le cuivre du cadre précipitait l'argent dissous, et le cuivre seul se portait sur la cathode également en cuivre.

Ce procédé, à première vue, nous paraissait un peu compliqué, surtout lorsqu'il était complété par des cathodes coniques rotatives, facilitant le dégagement gazeux ; mais M. André, que nous sommes allé voir à Francfort, nous a affirmé qu'il obtenait ainsi des résultats réellement économiques.

Il n'existe malheureusement que très peu de données sur les procédés employés dans les usines traitant le cuivre électrolytiquement. Chaque fabricant a quelques tours de main spéciaux, ses compositions de bains et sa manière de conduire l'ensemble de l'opération. La difficulté de maintenir ses droits contre un contrefacteur l'empêche de prendre des brevets; seulement il ne divulgue pas ses moyens de production et ne laisse pénétrer à peu près personne dans son établissement. Cette manière d'agir ralentit certainement les progrès de l'électro-chimie, mais il est facile de comprendre que, pour un industriel ou une société commerciale, l'intérêt privé passe toujours avant l'intérêt général.

A défaut de détails sur toutes les grandes manufactures, nous pouvons donner quelques indications sur les installations de M. Hilarion Roux, à Marseille, et de l'*Elliott's metal Company*, de Selly Oak Works, près Birmingham.

(*A suivre*). HIPPOLYTE FONTAINE.

TÉLÉGRAPHIE SYNCHRONIQUE MULTIPLE

SYSTÈME DELANY

PAR LE PROFESSEUR EDWIN J. HOUSTON

Le public apprendra avec intérêt que M. Patrich B. Delany, a réussi à mettre en application son système de télégraphie synchronique multiple, entre les villes de Boston et de Philadelphie, distantes entre elles de 50 milles environ.

La ligne consiste en un fil de fer galvanisé du n° 6. Dans le but d'assurer un fil pour le service dans le cas où un accident viendrait à

survenir, et aussi dans le but d'étendre le système, on a réuni deux câbles; mais il reste naturellement bien entendu que chacun des câbles doit servir à toutes les divisions que le système synchronique multiple peut embrasser, depuis 1 jusqu'à 72 circuits, séparés et distincts sur un seul et même câble; ou bien, comme on l'emploie actuellement, en 6 circuits Morse rapides ou 12 plus lents; soit, encore en 36 ou 72 circuits imprimeurs.

Lorsqu'on parle d'abord de la possibilité du système synchronique multiple de Delany, quelques électriciens, au moins la moyenne partie des électriciens éminents de ce pays, exprimèrent les plus grands doutes sur l'application pratique de ce système, tel qu'il est actuellement en usage au point de vue commercial. Beaucoup pensaient que, bien qu'il pût fonctionner à l'état de ligne artificielle établie dans un laboratoire au moyen de bobines de résistance et de condensateurs, il ne pourrait se maintenir lorsqu'il serait placé dans les conditions actuelles de son fonctionnement.

Il serait intéressant de passer rapidement en revue les principales objections qui s'élevèrent dès le début contre l'application pratique de ce système. Comme on le comprend du reste, la possibilité de la réussite de l'application du système synchronique multiple est subordonnée à la continuité de la rotation synchronique de la roue distributrice à chacune des extrémités de la ligne, à la transmission ou à la réception. Dans le système Delany, comme le lecteur se le rappellera probablement[1], la rotation synchronique des disques à chaque extrémité de la ligne est maintenue par des impulsions électriques mesurées, lancées dans un moteur électro-magnétique par la vibration des diapasons placés à chaque extrémité de la ligne. On prétendait, et peut-être avec quelque apparence de raison, que bien qu'il fût possible de maintenir le synchronisme de ces diapasons, dans une pièce où un opérateur pourrait faire tous les arrangements nécessaires pour le régler, il serait évidemment impossible de maintenir une telle vibration synchronique dans des postes très éloignés l'un de l'autre, puisque la seule différence de température des deux stations serait suffisante pour détruire le synchronisme des deux diapasons, à moins que ces différences ne fussent automatiquement compensées.

Une autre difficulté qui, aux yeux de beaucoup, présentait un obstacle insurmontable à l'application du système, résidait dans la charge statique de la ligne. On pensait que, dans la pratique, la ligne ne pourrait être assez rapidement déchargée pour permettre la transmission des nombreuses impulsions électriques, séparées et

[1] Voy. l'*Électricien* du 15 juin 1884, n° 77, p. 552.

distinctes, nécessaires à ce système. On craignait que, avant que la ligne fût libre de la charge produite par une onde, une autre onde ne fût lancée par le distributeur, et que nécessairement les deux ne se contrariassent.

Ces difficultés et bien d'autres encore étaient considérées comme devant fatalement empêcher le succès du système, et la façon dont M. Delany les a si ingénieusement vaincues pour arriver à appliquer commercialement son invention, lui fait le plus grand honneur. Mais les faits parlent d'eux-mêmes dans le cas actuel.

On a divisé l'un des câbles entre Boston et Providence, en 6 circuits séparés; on l'a employé pendant un long espace de temps à transmettre 40 mots par minute, par le moyen de chacun des circuits ainsi établis. On partagea ensuite la ligne entre 12 circuits Morse, et le câble fut employé, à raison de 20 mots par minute, sur chaque circuit.

36 circuits imprimeurs ont été mis en opération entre les deux cités, à raison de 4 à 5 mots par minute; tandis que 72 circuits imprimeurs travaillaient à raison de 2 à 3 mots par minute.

Les circuits mentionnés plus haut ont été mis en action en même temps dans une seule et même direction, et l'autre moitié dans une direction contraire, ou avec d'autres combinaisons du même nombre de circuits distincts.

Afin de noter d'une façon pratique l'effet produit par l'augmentation de la longueur de la ligne, les deux câbles ont été reliés à Providence, en faisant ainsi un circuit continu de Boston à Providence et retour ensuite à Boston, avec des stations différentes à chaque extrémité de Boston. On a fait agir les circuits sur cette double distance d'environ 100 milles, sans pouvoir constater, ainsi qu'il a été dit, aucune diminution de vitesse.

D'autres expériences, en introduisant des résistances artificielles de 3000 ohms, ou l'équivalent d'une ligne d'environ 300 milles et 2 microfarads 1/2 de capacité, ont démontré le succès complet du système, dans les conditions indiquées, avec seulement une légère diminution de vitesse.

Le 12 juillet 1884, on a employé la ligne en sextuple : 1000 mots ont été transmis à travers l'un des sextuples circuits de Boston Via Providence à Boston, et ont été reçus, à raison de 35 mots par minute au parleur, par des opérateurs du télégraphe Morse qui n'avaient jamais vu le système auparavant.

En employant la ligne 12 fois, on a transmis 1200 mots à l'aide de l'une des douze lignes ainsi établies, à raison de 20 mots par minute et ces mots ont été parfaitement recueillis au son. Une augmentation

de 9000 ohms dans la résistance de la ligne, ajoutée à la résistance normale des 100 milles de câble des deux câbles reliés, n'a pas affecté le synchronisme et n'a pas empêché la transmission parfaite des dépêches.

Il y a un mois que le système de télégraphie synchronique multiple est appliqué entre Boston et Providence, dans les différentes conditions que nous venons de citer. Pendant cet espace de temps, le synchronisme a été maintenu entre les instruments de Boston et ceux de Providence, sans dix minutes d'interruption, excepté, naturellement, lorsque les instruments ont été arrêtés à dessein, ou bien ont été mis au repos dans le but de faire des expériences, ou bien encore ont été dérangés par des croisements ou des ruptures de la ligne principale. Lorsque, par suite de l'une des causes citées plus haut, le synchronisme a été rompu, les instruments, à chaque extrémité de la ligne, sont, dans tous les cas, revenus automatiquement au synchronisme dans l'espace d'une minute et demie, sans l'intervention des opérateurs, soit à l'extrémité de Boston, soit à celle de Providence.

M. Delany a profité de l'occasion que lui offrait cette ligne additionnelle pour tenter diverses expériences pratiques, qu'il pensait pouvoir être adaptées à son système et pour lesquelles il avait d'abord eu l'intention de l'appliquer. L'une d'entre elles, à laquelle il jugea que le système synchronique multiple pouvait s'étendre, semble ajouter tellement à sa valeur commerciale quand elle sera mise en œuvre qu'elle mérite une mention spéciale et détaillée.

En joignant à Providence l'un des sextuples circuits établis sur l'un des fils, à l'extrémité du second fil à Providence, un message, transmis de Boston à travers le circuit sextuple ainsi relié, a été reçu sur le second fil à Boston et a été clairement et parfaitement transmis.

Cette expérience semblerait prouver que le système synchronique multiple est applicable, non seulement à la connexion des stations extrêmes où le fil pourrait être divisé en les nombreux circuits qui forment une des particularités de ce système, mais encore que les 6 circuits obtenus par exemple d'un seul fil peuvent être reliés, aux stations terminus situées aux deux extrémités de la grande ligne, où se trouve placé un instrument distributeur, avec des fils indépendants disposés pour desservir les villes situées au delà. De cette manière, chaque ville serait pourvue d'un circuit exclusif à travers le câble ainsi divisé.

Exemple : avec un distributeur à New-York, relié par un simple fil à Boston, et divisé par exemple en 6 circuits Morse, un seul fil s'étendant jusqu'à Providence pourrait être relié à Boston au n° 1 avec

l'un des 6 circuits multiples; tandis que la ville de Lowell serait reliée au fil n° 2; Portsmouth, au n° 3; Worcester, au n° 4; Lawrence au n° 5, et enfin Lynn, au n° 6, des circuits multiples permettant à chacune de ces villes, d'avoir des circuits directs sur un seul et unique câble, jusqu'à New-York, par l'intermédiaire du distributeur à Boston, sans répétition des dépêches.

De même, si on le désirait, 6 villes voisines de New-York, dans un périmètre variant de 75 à 100 milles, pourraient être reliées à Boston par l'entremise du distributeur de New-York, ou bien les villes au delà pourraient être mises en communication entre elles.

Avec le présent système de communications télégraphiques, toutes les villes situées en dehors sont obligées de transmettre leurs dépêches à Boston ou New-York, et de ces dernières villes les messages sont répétés jusqu'à destination.

On comprendra plus aisément les connexions, en se rapportant à la figure.

A et B représentent les distributeurs synchroniques, situés respectivement à Boston et à Providence, et reliés avec la ligne principale *q*, *q*.

Le second câble q^1 q^1 qui, ordinairement, n'est pas relié avec les distributeurs A et B, est, dans un but d'expérience, relié de la façon indiquée. Dans la figure, les contacts sont reliés en groupes de six, ou, en d'autres termes, la ligne principale *q*, *q* est divisée au sextuple. Les bras de contact en A et B, sont indiqués en contact avec l'un des n°s 6. Les contacts sont en *d* et *h* respectivement. Des relais polarisés R, R^1, R^2, R^3 et R^4 sont respectivement reliés avec 5 des 6 circuits ainsi établis. On observera en ce cas que le sixième circuit est laissé sans connexion avec le relai polarisé R^5. Les relais sont reliés par les commutateurs S, S^1, S^2, S^3, S^4 et S^5, avec les clefs K, K^1, K^2, K^3, K^4 et K^5, dont les bornes d'avant et d'arrière sont reliées avec la pile MB, divisée et mise à la terre en Y. On observera aussi que les relais polarisés R, etc., peuvent être mis en communication avec les clefs ou avec le sol en X, et peuvent être par conséquent employés soit pour la transmission, soit pour la réception.

La station à Providence est pareillement pourvue de relais R^0, R^1, R^2, R^3 et R^4, de commutateurs S^0, S^1, S^2, S^3, S^4, de clefs, K^0, K^1, K^2, K^3 et K^4, et d'une pile principale divisée et mise à la terre, en Z (fig. 1).

Si maintenant, les circuits étant comme il est indiqué, le switch S, à Boston, est placé de façon à relier le relai R avec la clef K, un message peut être transmis à travers la ligne principale *q*, *q*, à l'extrémité de Providence, où il peut être relié à un relai récepteur et reçu. Au lieu de cela, ce circuit est dans ce cas relié à l'aide du

câble *m*, avec l'extrémité du second câble q^1 q^1, située à Providence. L'extrémité de Boston q^1 q^1 est reliée par le câble *n* avec le relai R^5, que nous avons indiqué ne pas être relié avec le circuit restant des circuits sextuples. Dans ces circonstances, une dépêche envoyée de Boston à Providence, par la clef K à travers le relai R, est reçue à Boston, par le relai récepteur R^5, ce dernier relai étant, comme il est indiqué, mis en communication par le commutateur S^5 avec le sol en X.

Quand la clef K à Boston, est reliée à sa borne de devant (voir la figure), un courant part de la batterie principale MB et traverse le

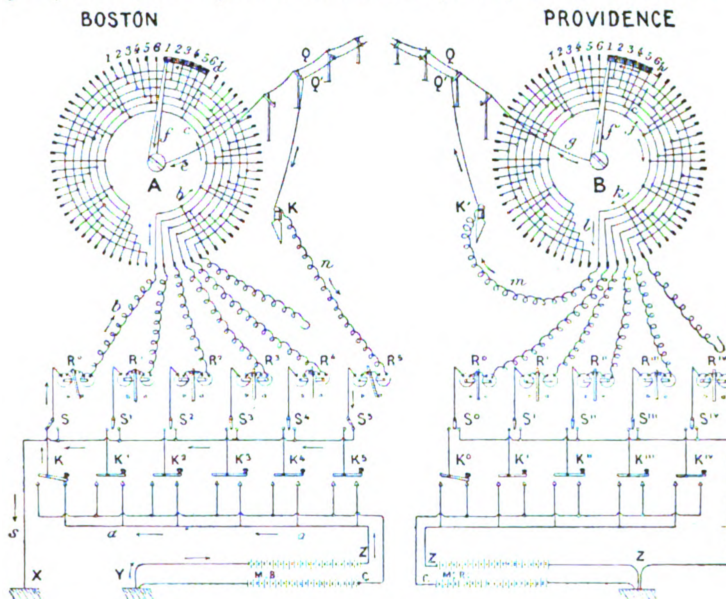


Fig. 1.

circuit suivant, savoir : à travers le fil conducteur *a a*, à la clef K, le switch S, le relai R, le fil conducteur *b*, *b*, *e*, le contact *a*, le bras de contact *f*, le fil conducteur *e e*, la ligne principale *q q*, le fil conducteur *g*, le bras f^1, le contact *h*, le fil conducteur *i*, *j*, *k*, *l* et les autres 7 contacts restants en *m*, la seconde ligne principale q^1 q^1, le conducteur *n* d'où il passe au relai récepteur R^5, où il est reçu, et enfin au sol en X, en suivant *o*, S^5, *p*, *q*, *r*, *s*.

Maintenant la valeur pratique de cette expérience, ainsi qu'on l'a déjà fait remarquer consiste dans le fait évident que si un message peut être transmis de Boston à Providence, à travers un circuit sextuple et revenir clairement et distinctement à Boston à travers un

câble indépendant, il importe peu alors dans quelle direction ce dernier câble peut être dirigé, quelle que soit la distance où est placée son extrémité éloignée du distributeur synchronisé, savoir un périmètre de 75 à 100 milles. Des cités importantes situées à cette distance de New-York pourront être facilement reliées à Boston, et les villes au delà de Boston pourront avoir une communication indépendante avec New-York, par le fonctionnement des deux distributeurs synchroniques A et B.

Bien que le tronçon de ligne q^1, q^1, n'eût dans ce cas qu'une longueur de 50 milles, il est évident, d'après ce qui a déjà été dit, qu'une distance plus considérable pourrait être mise en opération avec succès. Avec des appareils imprimeurs, comme on peut obtenir 72 circuits séparés, le nombre des villes qui peuvent être reliées les unes aux autres, à l'aide de 2 distributeurs synchronisés, sera évidemment très considérable (*Central high School, Philadelphie.*)

LES LAMPES UNIVERSELLES

DE M. G. TROUVÉ

Ce n'est pas la première fois que nous rendons hommage à l'habileté et à l'ingéniosité de M. Gustave Trouvé, mais jamais, croyons-nous, ces qualités bien connues de notre constructeur ne s'étaient manifestées aussi heureusement que dans les nouveaux appareils d'éclairage électrique qu'il vient de produire et que nous allons présenter à nos lecteurs.

Nous aimons à nous rappeler et aussi à rappeler que M. Trouvé est un des premiers qui ont combattu l'opinion — opinion résultant d'expériences déjà anciennes, mais incomplètes, insuffisantes et mal conduites — que les piles au bichromate de potasse à un liquide étaient très inconstantes et inapplicables aux expériences dont la durée dépasse quelques minutes. Il a établi, au contraire, qu'avec des solutions convenablement préparées, des zincs parfaitement amalgamés et des surfaces de charbon suffisantes, la pile au bichromate constituait un des réservoirs d'énergie électrique les plus légers aujourd'hui connus, et d'une constance assez grande pour des éclairages de quelques heures. Les piles à treuil, l'éclairage électrique mixte et les bijoux électriques ont été les premières conséquences

pratiques tirées par M. Trouvé des qualités particulières propres à la pile au bichromate de potasse.

C'est pour répondre aux objections faites aux premiers appareils, et mettre véritablement la lumière électrique à la portée de tous, que ces nouvelles lampes ont été combinées.

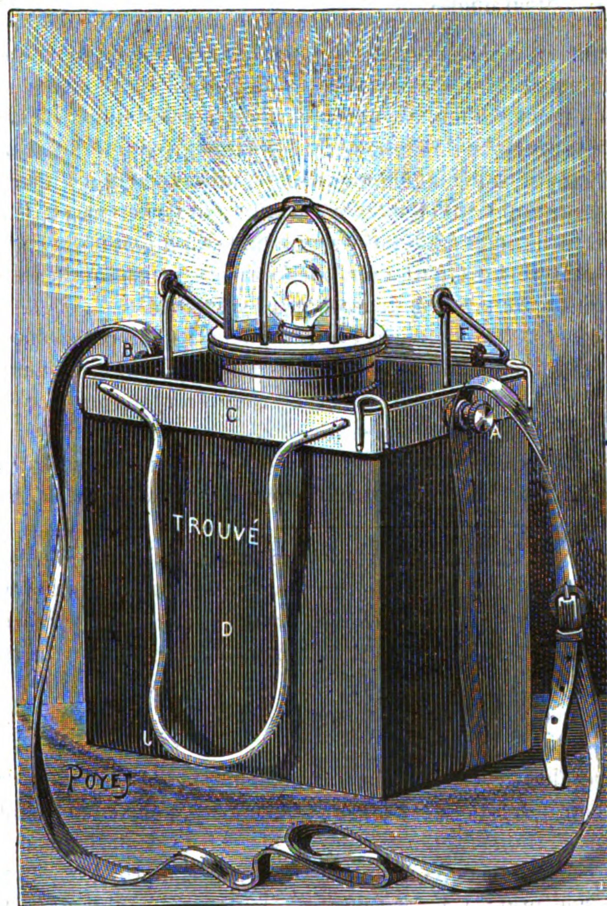


Fig. 1. — *Lampe universelle Trouvé.* — Type industriel. — A, B, boutons qui fixent en même temps à la caisse D la bague C et la courroie de cuir. — F, poignée articulée pour suspendre ou transporter l'appareil au repos. — J, crochet pour agrafer l'appareil à la ceinture. (Échelle : 1/5,

M. Trouvé qualifie ainsi ses lampes : *universelles, de sûreté, portatives, automatiques, réglables* et *inversables*.

Elles sont *universelles* en raison du nombre infini des usages aux-

quels elles sont applicables; de *sûreté* par le fait que la lampe, renfermée dans une double enveloppe de cristal, garantie par une lanterne métallique, ne peut produire aucun accident, même dans une atmosphère explosible, et que la suppression de tout commutateur rend impossible la production d'une étincelle; *portatives*, par leurs dimensions et leur poids, qui, dans le modèle domestique (fig. 2), excède à peine 3 kilogrammes; *automatiques*, par le mode de fonctionnement; *réglables*, par un simple bouton à vis qui, faisant varier l'immersion des éléments dans le liquide actif, permet d'obtenir depuis l'intensité d'une veilleuse jusqu'à celle qui correspond à la puissance normale de l'appareil; *inversables*, enfin, grâce à un dispositif simple et ingénieux que nous examinerons tout à l'heure.

Les lampes de M. Trouvé se divisent en deux classes : les unes s'allument dès qu'on les pose sur une table ou qu'on les suspend par un crochet (fig. 1), tandis qu'elles s'éteignent quand on les suspend ou qu'on les tient par la poignée qui les surmonte.

Les autres s'éteignent au contraire quand elles reposent sur leur base, et s'allument quand on les saisit par la poignée, comme le montrent les figures 2 et 3. C'est ce dernier type qui convient le mieux aux usages domestiques.

Dans les deux cas, l'appareil se compose d'une caisse ou vase à compartiments en ébonite formant le récipient d'une pile au bichromate de potasse.

Le couvercle du vase porte les éléments de la pile et la lampe à incandescence proprement dite, renfermée dans sa double enveloppe de cristal et protégée en outre par une cage métallique en forme de lanterne. La lanterne contenant la lampe à incandescence n'est pas toujours fixée perpendiculairement au couvercle, elle est quelquefois montée de côté sur la bague C, qui encadre le bord supérieur de la pile.

Le couvercle portant les éléments peut monter et descendre dans le vase qui contient le liquide excitateur; c'est par ce mouvement que s'effectuent l'allumage, l'extinction et le réglage de la lampe.

Dans les appareils de la première classe, on comprend en effet que, quand le couvercle est descendu, le courant s'établit et la lampe s'allume (fig. 1), tandis que si le couvercle se trouve soulevé, les éléments de la pile ne plongent plus dans le liquide, le courant cesse et la lampe s'éteint. Si donc on imagine une poignée fixée au couvercle, — qu'un ou plusieurs arrêts empêchent d'ailleurs de se séparer entièrement du vase, — on se rend facilement compte que la lampe s'éteint quand on la suspend ou qu'on la porte par la poignée, tandis qu'elle s'allume dès qu'on l'accroche à la ceinture au moyen du cro-

chet J fixé sur le vase D, ou dès qu'on la porte en sautoir au moyen de la courroie.

Le modèle figure 1 est spécialement destiné aux sapeurs-pompiers, aux gaziers, aux mineurs, et généralement à tous ceux qui peuvent être obligés de pénétrer dans des endroits dangereux remplis de ma-

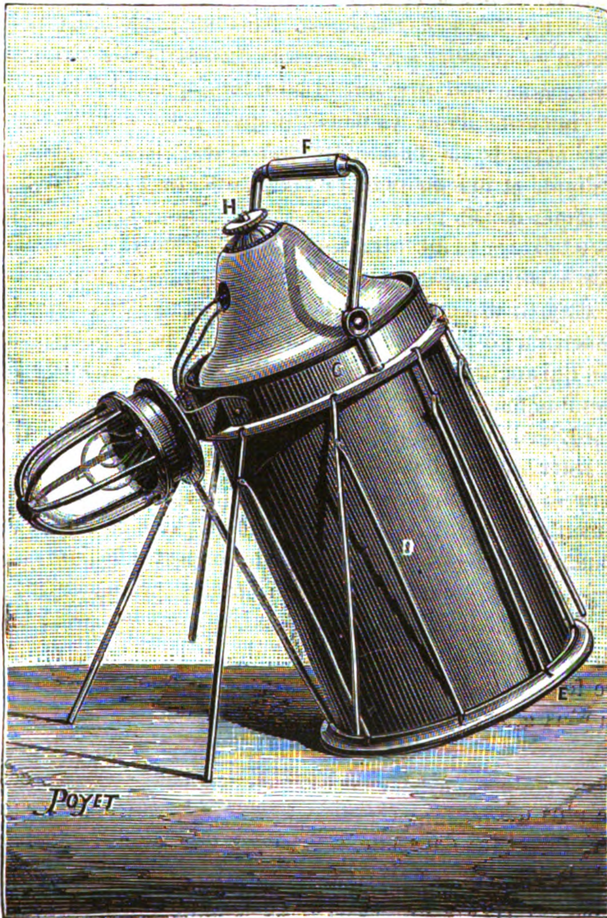


Fig. 2. — *Lampe électrique Trouvé.* — Modèle domestique. — Position de repos, lampe éteinte et inclinée pour montrer l'action du parachute. (Échelle : 1/3.)

tières explosibles ou inflammables. Il ne fonctionne pas pendant tout le temps du transport, tandis qu'il jette instantanément un vif éclat dès que, rendu sur place, l'homme qui le porte l'accroche à sa ceinture ou le passe en sautoir, afin de garder l'usage de ses deux mains.

Que de sinistres pourra éviter l'emploi des lampes de ce genre déposées dans les postes de pompiers et toujours prêtes à fonctionner, puisque la solution contenue dans le vase se conserve indéfiniment sans altération !

Les appareils de la seconde classe, c'est-à-dire ceux qui s'allument dès qu'on les prend à la main, sont de forme ronde et conviennent surtout aux usages domestiques. Dans ce modèle, la poignée de l'appareil n'est plus fixée au couvercle du vase, mais bien sur le vase lui-même. Il s'ensuit que quand on tient l'appareil à la main par la poignée, le couvercle et les éléments qu'il porte descendent dans le liquide et la lampe s'allume. Les éléments remontent au contraire avec le couvercle, quand on pose la lampe sur sa base (fig. 2), et elle s'éteint d'elle-même.

A cet effet, une tige centrale, en rapport avec le couvercle par un ressort à boudin et un écrou, traverse le centre du vase et touche la surface d'appui dès qu'on pose l'appareil sur sa base. Cette tige centrale se termine à la partie inférieure par une large plaque circulaire G (fig. 3) qui augmente la surface d'appui. Il suffit de saisir l'appareil pour avoir immédiatement de la lumière.

Pour régler l'intensité de l'éclairage donné par la lampe, il suffit de faire monter ou descendre — sur un pas de vis très allongé, pratiqué sur la tige centrale — le bouton H (fig. 2). En vissant le bouton, les éléments plongent davantage dans le liquide et l'intensité lumineuse augmente ; — en le dévissant, le ressort à boudin soulève le couvercle, et les éléments plongeant moins profondément dans le liquide l'intensité lumineuse diminue. Les lampes peuvent brûler environ trois heures sans recharger la pile, et on peut la recharger dix à douze fois de suite sans remplacer les zincs, ce qui se fait d'ailleurs avec la plus grande facilité.

Cette durée de trois heures représente effectivement plusieurs soirées de service pour les usages domestiques pour lesquels ces lampes sont le plus utiles, par exemple : pour descendre et remonter un escalier, se rendre dans une cour, dans une cave, avoir immédiatement de la lumière la nuit en cas de besoin, etc.

Les lampes Trouvé ne sont pas en effet destinées à se substituer complètement aux appareils d'éclairage fixes, à l'huile ou à la bougie, mais elles servent dans tous les cas où on emploie actuellement les lanternes, les bougeoirs et les lampes à main, dont le type est la petite lampe à pétrole ou à essence, si dangereuse et si incommode.

M. Trouvé a pensé, avec juste raison, que son appareil serait tout à fait propre à servir aux mains de nos ménagères s'il rendait impossible l'épanchement du liquide contenu dans le vase. La disposition

qu'il a employée pour empêcher le récipient de se renverser est remarquable de simplicité. Figurez-vous une sorte d'armature de parapluie dont les branches entourent le vase de l'appareil et sont librement suspendues ou articulées sur deux colliers C et E (fig. 2). On voit que si le vase se renverse à droite ou à gauche, il trouve toujours une

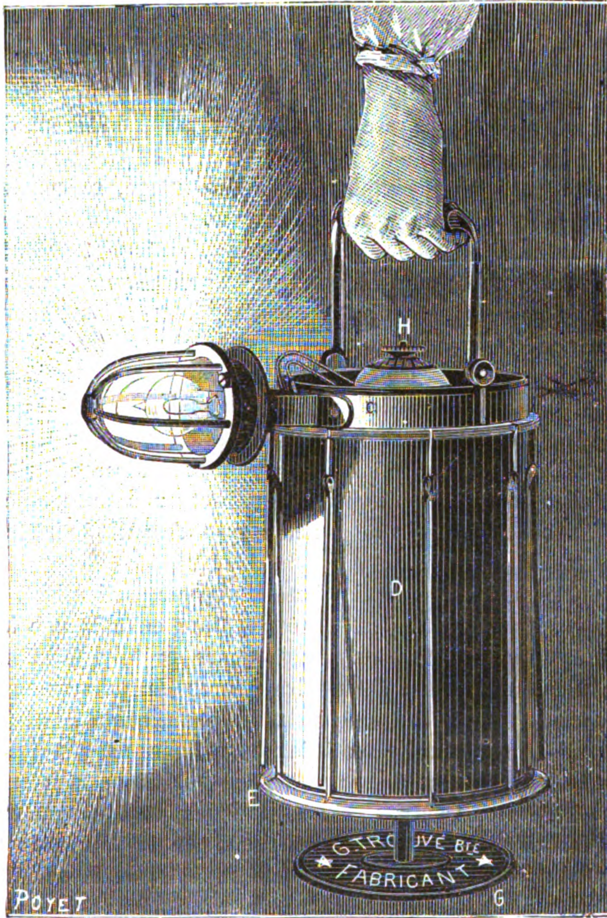


Fig. 3. — *Lampe électrique Trouvé.* — Modèle domestique. — Lampe allumée. (Échelle : 1/3.)

des branches de l'armature qui oscille librement et s'appuie sur le sol ou la table où est posé l'appareil, pour soutenir ce dernier en formant jambe de force.

Le démontage et le nettoyage sont incontestablement plus faciles à opérer que celui des lampes à huile ou à essence.

Premier type (fig. 1). — Il suffit de dévisser les deux boutons A, B pour enlever le collier C et séparer les éléments de la caisse D sur laquelle il ne reste aucune pièce métallique. On peut donc laver cette dernière à grande eau, et la remplir à nouveau à l'aide d'une pipette d'une grandeur calculée à l'avance (100 centimètres cubes).

Second type (fig. 2). — Ici la manœuvre est encore plus simple, il n'y a même plus deux boutons à dévisser : la poignée de l'appareil se fixant par son élasticité au collier C maintient tout, il suffit de l'enlever pour séparer le vase de sa cage métallique servant de parachute.

Le remontage, aussi simple que le démontage, se compose des mêmes opérations effectuées en sens inverse.

Pour terminer, citons les principales applications, tout indiquées, des appareils Trouvé; par exemple leur emploi par les pompiers, les gaziers, les égoutiers, les mineurs, les distillateurs, les employés des poudrières, cartoucheries, la marine de l'État pour les bâtiments de guerre, les observatoires, les aérostiers pour relever la nuit les indications des instruments, les agents de police, les rondes de nuit dans les usines, etc. Pour les allumeurs de réverbères, la lampe Trouvé peut remplir un double but : elle sert à éclairer l'homme qui la porte et, en outre, sa pile permet d'effectuer d'une manière très simple l'allumage des becs de gaz au moyen d'un allumoir électrique quelconque.

Nous citerons, comme application domestique particulière, l'éclairage des voitures. La lampe Trouvé constitue en effet une lanterne extrêmement simple et commode, toujours prête à fonctionner et s'adaptant instantanément à tous les genres de voitures en usage. Son pouvoir éclairant étant cinq à six fois supérieur à celui des lanternes ordinaires à l'huile ou à la bougie, offre un grand avantage tant pour l'éclairage extérieur que pour l'éclairage intérieur de la voiture, où il devient ainsi possible de lire la nuit comme en plein jour. La lanterne de voiture est constituée par une lampe du type 1, simplement fixée sur un plateau monté au bout de la douille ordinaire des lanternes, ce qui ne change rien au mode de montage de ces dernières et permet de s'en servir en cas de besoin, en les plaçant en réserve dans le coffre de la voiture.

Quant au type domestique, ses applications pratiques sont aussi nombreuses que variées, et ses propriétés mêmes suffisent à les indiquer. Nous aurons d'ailleurs l'occasion d'y revenir pour préciser les constantes des lampes à incandescence employées par M. Trouvé et déterminer le débit total de sa pile en coulombs et en kilogrammètres.

Grâce aux progrès réalisés dans la fabrication des lampes d'une part et dans les piles d'autre part, la lumière électrique par incandescence devient chaque jour d'un emploi plus fréquent pour l'éclairage domestique.

Les nouveaux appareils de M. Trouvé, si ingénieux et si simples, ne manqueront pas de donner un nouvel essor à cette branche de l'activité électrique.

SUR LES AVANTAGES DES COMPOUND-DYNAMOS

La *Zeitschrift für Elektrotechnik* jette le gant aux partisans des compound-dynamos. Fidèle au modeste rôle que nous nous sommes tracé de nous borner à faire connaître ici les idées les plus nouvelles émises à l'étranger et à laisser à de plus compétents que nous le soin de les apprécier, nous transmettons fidèlement ce défi :

Or donc, vous tous qui prétendez que les compounds présentent sur les shunt-dynamos des avantages incontestables pour l'alimentation des lampes à incandescence, qui croyez que la différence de potentiel aux bornes des premières machines y reste parfaitement constante, quel que soit le nombre des lampes que l'on éteigne ou que l'on allume, que, par suite, ce mode de couplage permet de se passer d'un régulateur, oyez et veuillez bien reconnaître votre erreur.

En effet, une installation de lampes à incandescence ne peut être considérée comme satisfaisante que si leur durée moyenne atteint 800 ou 1000 heures de service; mais pour obtenir ce résultat, chaque lampe ne doit pas subir de variations de potentiel supérieure à 1 pour 100 de son potentiel normal. Or on ne saurait assurer une constance pareille, sans régulateur, même avec les compounds, car si l'intensité du courant varie de 20 pour 100, la différence aux bornes variera environ de 3 pour 100. Une bonne shunt-dynamo, une Edison, par exemple, donne des résultats presque aussi satisfaisants, puisque l'intensité croissant de 10 pour 100 la différence de potentiel aux bornes augmente seulement de 1 pour 100 et de 4 pour 100 pour un accroissement d'intensité de 25 pour 100.

Mais il y a des causes d'irrégularité plus défavorables encore à la constance de la différence de potentiel aux bornes que ne le sont les variations du nombre de lampes en activité ; ce sont les variations de vitesse de la machine qui atteignant le plus souvent une amplitude

de 5 pour 100, entraînent des différences de même ordre dans la différence de potentiel aux bornes, et il n'est pas d'installation si soignée au point de vue mécanique où le mécanicien puisse répondre de la constance du nombre de tours de sa machine, sans avoir à sa disposition un régulateur.

Les pertes de pression dans les conducteurs sont une troisième source de variation de la différence de potentiel. On peut considérer en effet comme étant dans de bonnes conditions une installation (si l'on ne lésine pas sur l'énergie à produire) pour laquelle on compte sur une perte de ce chef de 10 pour 100, soit 8 pour 100 sur les conducteurs principaux et 2 pour 100 sur les dérivations que portent les lampes. Si donc on éteint un groupe de lampes et que l'intensité se réduise de moitié, la résistance du conducteur principal se réduit d'autant et les lampes restantes travaillent sous une tension de 4 pour 100 plus grande.

Enfin il existe une quatrième cause d'inconstance, c'est l'échauffement de la dynamo. Car si, quelque temps après la mise en marche, la résistance de la machine se modifie par suite de l'échauffement des conducteurs, il en résulte également une modification dans la différence de potentiel à laquelle les combinaisons de compound les mieux étudiées ne sauraient s'opposer.

En fait, dans toutes les installations faites avec les compounds, on s'est toujours vu obligé par la suite d'adjoindre un régulateur.

Mais alors, si vous installez un régulateur comme à une simple dynamo, quels sont les avantages de la compound? Le rendement est-il meilleur? Non! car aux dernières expositions, ce sont les shunt-dynamos qui ont donné le meilleur rendement. Évite-t-on plus facilement ces étincelles? Ce n'est guère prouvé!

Par contre, les compounds présentent un désavantage incontestable: c'est que, à court circuit, l'induit brûle très souvent, malgré la présence des coupe-circuit de plomb les mieux combinés, tandis que dans les shunt-dynamos, il en résulte simplement un affaiblissement de l'intensité.

Nous apprenons à l'instant que le gant vient d'être relevé par M. *Uppenborn* qui a déjà traité ce sujet de main de maître dans une conférence dont nous avons fait le compte rendu dans notre n° 75 du 15 mai 1884.

Les arguments, développés plus haut n'ont que l'apparence de la vérité. Ainsi, il n'est ni nécessaire, ni possible, d'atteindre la constance à 1 pour 100 près. En pratique, les lampes à incandescence construites pour une différence de potentiel de 100 volts exigent des tensions

différant de 5 pour 100 pour être portées à la même température. La fabrication de ces lampes n'a pas encore atteint un degré de perfection suffisant pour que l'on puisse compter sur une pareille précision. Le fabricant ne se sert pas des mêmes instruments de mesure que l'ingénieur chargé de l'installation et l'on peut parfaitement admettre des différences de 4 à 5 pour 100 ; on ne saurait d'ailleurs mettre entre les mains d'un mécanicien des instruments de laboratoire.

Il n'est pas exact non plus qu'une compound pour un accroissement d'intensité de 20 pour 100 accuse une différence de potentiel de 3 pour 100. M. Uppenborn cite une machine Schuckert qui n'a accusé qu'une variation de 0,3 pour 100, l'intensité variant de 0 au maximum. Si l'on ne peut s'attendre en général à un résultat aussi satisfaisant que dans ce cas particulier, du moins il est possible de s'en rapprocher beaucoup.

Quant à l'échauffement de la machine, M. Uppenborn ne croit pas qu'elle ait une importance aussi considérable. Soit ainsi une compound dont l'induit ait une résistance de 0,31 ohm jusqu'à 28 ampères. La résistance du cuivre s'élève de 0,4 pour 100 par degré centigrade. Supposons une élévation de température de 20 degrés qui correspond à un accroissement de résistance de 8 pour 100 ou à 0,025 ohm. Le produit de l'intensité maximum 28 ampères par 0,025 ohm donne 0,7 volt. Les inducteurs des compounds sont d'ailleurs construits de façon qu'ils aient une faible résistance et s'échauffent peu. On voit donc que l'influence de l'échauffement est minime.

Pour réfuter cette assertion qu'une bonne shunt-dynamo est *presque* aussi indépendante des résistances extérieures qu'une compound, il suffit de jeter les yeux sur les diagrammes. Fig. 4 et 6, pages 462 et 463. Une shunt-dynamo, *toutes choses égales d'ailleurs*, ne peut offrir la même constance qu'une compound. M. Uppenborn exprime un doute à l'égard de cette affirmation que dans une machine Edison la différence de potentiel aux bornes ne s'élève que de 1 pour 100 pour un accroissement d'intensité de 50 pour 100. Mais en supposant que ce fait soit vrai, cela prouve que les dimensions d'une machine Edison sont tout à fait anormales. Les inducteurs sont démesurément grands relativement à l'induit, surtout dans le type américain primitif. Les machines qui ont donné les diagrammes cités ont au contraire à peu près les mêmes dimensions et il est rationnel de les mettre en parallèle. Or dans ce cas le produit maximum de l'intensité par la différence de potentiel aux bornes a lieu pour $R = 26$ ohms et de 30 à 40 ohms la tension s'élève d'environ 25 pour 100 comme on peut s'en rendre compte à simple vue.

Ceci montre indiscutablement qu'il est plus avantageux de construire

une compound à quantité de cuivre égale; car, quelque mal que soit établie une pareille machine, elle n'accusera jamais des différences de 20 pour 100.

D'après M. Uppenborn on doit mettre hors de doute les grands avantages des compound-dynamos, principalement pour les installations d'éclairage de peu d'importance. N. T.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 3 novembre 1884.

Conditions d'équilibre d'une lame liquide soumise à des actions électro-magnétiques. — Note de M. G. Lippmann.

Lorqu'un liquide, parcouru par des courants électriques, se trouve en même temps soumis à l'action d'aimants disposés à poste fixe dans son voisinage, il naît des forces électro-magnétiques qui tendent à déplacer chaque élément de courant. Ces forces ont leurs points d'application au sein même de la masse liquide. On peut donc, par leur intervention, réaliser des cas d'équilibre ou de mouvements plus généraux que ceux qui se présentent le plus souvent en hydrostatique; en outre, les conditions de l'équilibre peuvent servir à illustrer les propriétés des *coupures* qui servent à rendre une fonction uniforme dans un espace donné.

Soit une lame d'un liquide conducteur infiniment mince, horizontale, parcourue par des courants électriques que lui amènent des électrodes disposées d'une manière quelconque, et placée dans un champ magnétique vertical d'intensité uniforme H. Proposons-nous de trouver les conditions de l'équilibre. En un point du liquide dont les coordonnées rectangulaires sont (x, y), l'intensité du courant est une grandeur dont les composantes parallèles aux axes sont $K\frac{dV}{dx}$, $K\frac{dV}{dy}$, K étant un coefficient constant, et V étant le potentiel électrique au point considéré; V est une fonction de x et de y assujettie à satisfaire à l'équation :

$$\frac{d^2V}{dx^2}+\frac{d^2V}{dy^2}=0. \qquad (1)$$

La force électromagnétique est normale à la direction du courant; elle a donc pour composantes :

$$X = - HK \frac{dV}{dy}, \qquad (2)$$

$$Y = HK \frac{dV}{dx}. \qquad (3)$$

Enfin, en appelant p la pression hydrostatique au point (x, y), on a les conditions nécessaires de l'équilibre

$$X = - \frac{dp}{dx}, \qquad (4)$$

$$Y = - \frac{dp}{dy}. \qquad (5)$$

Quelles en sont les conditions suffisantes?

Pour les trouver, remarquons d'abord que l'on tire des équations (4) et (5)

$$\int (X\,dx + Y\,dy) = \int \frac{dp}{dx} \left(dx + \frac{dp}{dy}\right) dy. \qquad (6)$$

Il faut que le second membre, qui n'est autre que la variation de la pression hydrostatique p, soit une fonction uniforme de x et y. Il en est donc de même du premier membre. On tire des équations (1), (2) et (3)

$$\frac{dX}{dy} - \frac{dY}{dx} = 0. \qquad (7)$$

La condition d'intégrabilité (7) est donc une conséquence de l'équation (1). Pour qu'en outre la fonction de x et y, représentée par le premier membre de l'équation (6), soit uniforme, il suffit que l'espace occupé par le liquide soit d'une forme convenable, ou qu'il soit divisé par des coupures appropriées. Ces coupures se réalisent sous formes de cloisons imperméables au liquide, mais perméables à l'électricité. Je dis qu'alors l'équilibre existe.

On tire en effet des équations (2), (3), (4) et (5) :

$$\frac{dp}{dx} = Hk \frac{dV}{dy}, \qquad (8)$$

$$\frac{dp}{dy} = - Hk \frac{dV}{dx} \qquad (9)$$

et :

$$\frac{d^2p}{dx^2} + \frac{d^2p}{dy^2} = 0. \qquad (10)$$

Ces équations signifient que les courbes p = const. sont orthogonales ou conjuguées des courbes V = const. Comme les valeurs de V sont données (ce sont celles qui correspondent aux courants électriques donnés), il en est de même de celles de p. Il en est ainsi, en particulier, des valeurs de p le long de la paroi.

En résumé, quelles que soient d'ailleurs la forme de l'espace occupé par le liquide et la distribution des courants électriques, *il faut et il suffit pour l'équilibre que cet espace soit limité par des cloisons disposées comme des coupures qui rendraient uniforme la fonction conjuguée du potentiel électrique*, et la loi des pressions développées le long du contour est la suivante : *ces pressions ont des valeurs conjuguées de celles du potentiel electrique le long du contour.*

Il s'ensuit que, si l'espace donné est à connexion simple, il y a toujours équilibre : c'est en particulier le cas du galvanomètre à mercure que j'ai eu l'honneur de soumettre à l'Académie. Inversement, dans les expériences de Faraday et les appareils de M. Bertin, destinés à montrer la rotation électromagnétique d'un liquide, l'espace occupé par celui-ci est toujours à connexion multiple.

Sur des lampes électriques portatives. — Note de M. G. Trouvé, présentée par M. Jamin (Voy. page 460).

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

—

Prix spéciaux mis au concours.

Prix de 3000 francs *pour le moyen de transporter à grande distance les forces mécaniques naturelles que leur position actuelle ne permet pas d'utiliser immédiatement.*

Les cours d'eau offrent une force motrice considérable, qu'il est souvent facile de recueillir dans les montagnes où des chutes naturelles permettent d'éviter des constructions dispendieuses. Mais souvent les alentours de ces chutes ne se prêtent pas à l'établissement d'usines ou à l'installation de leurs populations ouvrières. Il en résulte que beaucoup d'entre elles ne sont pas actuellement utilisables.

Déjà M. *Somellier*, pour la percée du Mont-Cenis, M. *Hirn*, par son câble télodynamique, M. *Armstrong*, par son accumulateur, ont donné des moyens d'utiliser quelques-unes des chutes en permettant de transporter leur force motrice à une certaine distance du récepteur; mais cette distance est encore bien restreinte, et l'on conçoit qu'en poursuivant des idées analogues il soit possible d'aller beaucoup plus loin.

D'autre part, quand on voit, comme cela a été fait récemment, les forces mécaniques produire de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, on conçoit que la force d'une chute d'eau puisse être transformée en *effets physiques*, qui l'emmagasineraient, pour ainsi dire, et permettraient de la transporter indirectement là où l'on pourrait le mieux l'utiliser.

Sans doute, dans les transformations successives par lesquelles on la ferait passer, il pourrait y avoir une importante diminution de la force initiale. Mais comme celle-ci, dans certains cas, est presque gratuite, on doit espérer qu'il serait possible d'obtenir le résultat final dans des conditions d'économie suffisante pour satisfaire à certains besoins.

La Société d'encouragement voudrait voir les inventeurs tourner leurs investigations vers la réalisation économique de ce transport, direct ou indirect, de la force motrice à de grandes distances. Selon l'importance des applications économiques qui lui seraient soumises, elle accorderait à ces solutions des prix de 1000 à 3000 francs.

Prix de 1000 francs *pour la construction d'un appareil transmettant à distance l'indication de la température d'une enceinte chauffée.*

Le chauffage des lieux habités s'opère souvent au moyen de calorifères ou d'appareils à eau chaude ou à vapeur dont le foyer est placé à une assez grande distance de l'enceinte à chauffer. Pour régler la conduite du feu, l'ouverture des robinets, la manœuvre des registres, le chauffeur est obligé de se transporter dans les diverses parties du bâtiment afin de relever les températures. Le service serait fort simplifié s'il pouvait, sans quitter ses fourneaux, connaître facilement la température des divers locaux par la simple lecture d'un appareil gradué recevant à distance, par l'électricité ou autrement, l'indication de cette température.

Un instrument de ce genre trouverait également une application fort utile dans certaines industries, pour des appareils à vapeur, à eau chaude, pour des séchoirs, des étuves, etc., donnant à un directeur d'usine la possibilité de contrôler de son cabinet le fonctionnement de ces appareils.

L'instrument doit être d'une construction simple, d'un prix modéré, et les températures doivent être données sans aucune manipulation, par une simple lecture sur une échelle ou un cadran divisé.

Prix de 3000 francs *pour un appareil simple, solide et susceptible d'annoncer automatiquement d'une manière sûre et régulière, à une distance quelconque, le passage d'un train en marche.*

Il est très utile, au point de vue de la sécurité de l'exploitation des chemins de fer, d'annoncer, au moyen de courants électriques agissant sur des sonneries ou autres appareils placés à distance, le passage des trains sur certains points déterminés. Divers appareils ont été imaginés et appliqués dans ce but. La qualité que l'on doit, avant tout, rechercher, est celle d'un fonctionnement parfaitement certain, quelles que soient la vitesse et la fréquence des trains, tout manquement pouvant devenir une cause de graves dangers.

CONDITIONS GÉNÉRALES A REMPLIR PAR LES CONCURRENTS

1° Les modèles, mémoires, descriptions, renseignements, échantillons et pièces destinées à constater les droits des concurrents, seront adressés franco de port au *Secrétariat de la Société d'encouragement pour l'industrie, rue de Rennes*, 44. Ils devront être remis avant le 1er janvier de l'année de la distribution des prix : ce terme est de rigueur ;

2° Les procédés ou machines seront examinés par des commissaires que la Société désignera ;

3° Les membres du Conseil d'administration sont exclus des concours ;

4° Les autres membres de la Société sont admis à concourir ; les étrangers le sont également ;

5° Les concurrents sont avertis que la communication qu'ils font à la Société de leurs procédés ne peut tenir lieu d'un brevet d'invention, et que, s'ils veulent prendre le brevet, il faut qu'ils le fassent avant de se présenter au concours ;

6° Les brevets d'invention n'étant délivrés que sur la description détaillée des procédés, et chacun, d'après la loi du 5 juillet 1844, pouvant en prendre connaissance, la Société se réserve expressément la faculté de publier, en totalité ou en partie, les découvertes qui auront obtenu les prix et médailles, mais les concurrents ne pourront user de cette faculté, sous quelque prétexte que ce soit ;

7° Les auteurs jugés dignes d'une récompense, qui ne se seraient pas pourvus d'un brevet d'invention et qui désireraient garder le secret de leurs procédés, seront tenus d'en déposer sous cachet la description, dont l'exactitude sera attestée par un membre du comité compétent.

La durée du dépôt ne pourra excéder quinze ans, à l'expiration desquels la description sera publiée ;

8° La Société conservera les mémoires descriptifs et les dessins qui n'auront point été couronnés ; mais elle permettra aux auteurs d'en prendre copie et elle leur rendra les modèles ;

9° Les concurrents qui auraient traité plusieurs des questions mises au concours sont invités à envoyer des mémoires séparés sur chacune d'elles ;

10° Les médailles ou les sommes seront remises à ceux qui auront obtenu les prix ou à leurs fondés de pouvoir.

BIBLIOGRAPHIE

—

Die Kabeltelegraphie par *Max. Jüllig*, Ingénieur, professeur à l'école des hautes études techniques (*technische Hochschule*) de Vienne. — Librairie *A. Hartleben*, à Vienne.

Nous venons de recevoir le vingt-sixième volume de la bibliothèque électrotechnique de *A. Hartleben* de Vienne pour la publication de laquelle ce libraire a reçu une médaille d'or à l'Exposition de Teplitz. Ce nouveau livre, à ajouter à la collection unique susmentionnée d'ouvrages spéciaux sur les diverses branches de l'électricité, traite de la télégraphie sous-marine.

Il y a presque trente ans que le génie créateur de Cyrus Field est parvenu à poser le premier câble transatlantique et à franchir, en quelques instants, l'espace qui sépare le Nouveau Monde de l'Ancien. Les fruits de cette entreprise hardie ne devaient être recueillis que bien des années après, comme il arrive généralement pour les plus belles créations de l'esprit humain, qui n'ont été le plus souvent accomplies que grâce à des sacrifices matériels énormes et des efforts considérables. L'auteur, M. *Max Jüllig*, tout en faisant l'historique du développement graduel de la télégraphie sous-marine, et en résumant à grands traits les connaissances du domaine des sciences naturelles nécessaires à l'intelligence de cette étude, décrit d'une façon complète toutes les opérations techniques en usage dans l'installation des câbles sous-marins. Il a cru utile, avec raison, de commencer tout d'abord par un aperçu de la construction des lignes terrestres sans l'exploitation desquelles les câbles transatlantiques n'auraient sans doute jamais vu le jour. Le second chapitre, qui traite spécialement

de la télégraphie sous-marine contient des données des plus intéressantes sur le mode de construction des bateaux destinés à la pose des câbles. Le troisième chapitre décrit les phénomènes électriques dont les câbles sont le siège, et l'auteur y trouve habilement l'occasion de définir, d'une façon rigoureusement scientifique, les unités électriques, d'étudier les manifestations d'ordre dit statique qui prennent naissance dans ces immenses conducteurs, et de décrire les méthodes spéciales de mesure usitées en télégraphie sous-marine. Enfin le quatrième chapitre a pour objet la description des appareils de transmission, de réception et accessoires qui sont actuellement employés dans cette branche spéciale de la télégraphie. N. T.

CORRESPONDANCE

Sceaux, 6 novembre 1884.

MON CHER HOSPITALIER,

J'assistais hier à votre très intéressante communication sur les définitions, notations et symboles électriques à la Société internationale des électriciens, et, applaudissant des deux mains à l'unification que vous sollicitez avec tant de raison, j'aurais peut-être saisi cette occasion pour aller un peu plus loin, si, amené par le sujet à faire des personnalités, je n'avais craint de ne pas trouver en face de moi des contradicteurs autorisés à me répondre. J'ai préféré recourir aux colonnes de votre estimable journal, ouvertes à la réplique; j'userai d'ailleurs de votre hospitalité en toute courtoisie et sans autre guide que l'intérêt de la science.

L'objet de ma modeste critique est de réagir contre les innovations intempestives d'une part, et d'un autre côté contre le manque d'unité et d'harmonie qu'on rencontre trop souvent dans un même auteur et dans la suite d'une même œuvre. J'en emprunterai quelques exemples à deux ouvrages de valeur récemment parus, dont les auteurs sont, par leur notoriété, au-dessus de toute atteinte, et dans lesquels ces petites incorrections ne sont que plus regrettables.

Sans vouloir faire du *genre* en électricité, je relèverai tout d'abord dans la traduction du ***Traité élémentaire d'électricité, de Maxwell***, le mot *cathode*, que M. Richard met systématiquement au masculin. Tous les auteurs s'accordaient jusqu'ici pour le laisser féminin comme *méthode*, *électrode*, *anode*, tous mots dérivés de ὁδός, qui est lui-même féminin. Je ne vois pas à priori quels sont les motifs qui ont pu déterminer cette innovation, et je ne crois pas, jusqu'à plus ample informé, que la science, la langue et l'ouvrage y gagnent quoi que ce soit.

Plus grande est encore ma surprise de trouver dans la dernière œuvre de

M. H. Fontaine (homme pratique par excellence), *Électrolyse*, renseignements *pratiques*, l'absence de suite dans les chiffres et notations que je signalais tout à l'heure.

Ainsi, nous y lisons, page 16 : « L'équivalent mécanique de la chaleur *est* 425 »; d'où des calculs sur cette donnée: — et, pages 26 et suivantes, le chiffre 424 est adopté et sert de base à de nouveaux calculs.

Plus loin, page 28, l'auteur passe, à quelques lignes d'intervalle, de la calorie-gramme à la calorie-kilogramme, sans indiquer à ses lecteurs industriels par suite de quelle différence de notation il est ainsi conduit de l'un à l'autre.

A la même page 28, le nombre 0,0105 milligramme est pris pour poids de l'hydrogène libéré par un Coulomb dans une cuve électrolytique, — et à la page 34, la notation change; l'unité devient le gramme, et ce n'est plus 0,0000105 gramme qui nous est donné dans ce nouveau système, mais bien 0,00001036.

Enfin, et pour ne pas prolonger ces citations, nous trouvons à la page 29 pour la force électromotrice minima nécessaire à la décomposition de l'eau 1,495 volt (qu'une erreur typographique a traduit par 1/2 volt au lieu de 1 1/2 volt, environ), — et six pages plus loin (p. 35), cette force électromotrice se réduit à 1,4856 volt, les deux chiffres donnant lieu à des calculs!

Franchement, notre science est déjà bien assez surchargée de termes, d'expressions, de notations, et je dirais presque de conceptions en apparence hétéroclites pour les industriels auxquels s'adressent les ouvrages de ce genre, sans que nous la compliquions encore de discordances qui fatiguent l'esprit et ne donnent qu'une médiocre confiance dans des résultats fondés sur de semblables anomalies apparentes.

J'espère qu'en donnant à votre proposition la suite qu'elle mérite, notre Société des électriciens inculquera à nos meilleurs esprits un peu plus de souci de cette harmonie dont les lois physiques nous donnent chaque jour de si remarquables exemples. Je le souhaite ardemment dans l'intérêt de notre science favorite et de la clarté qui en rejaillira sur elle. Vous y aurez dans tous les cas contribué.

Bien à vous, E. Boistel.

P. S. — Cette lettre n'ayant pas pour but de suppléer à l'article bibliographique dû à l'œuvre de M. Fontaine, je laisse de côté l'appréciation du livre en lui-même; mais, puisque j'ai parlé de clarté, je ne puis m'empêcher de demander des explications sur la première colonne des deux tableaux de la page 104. Il m'est impossible de comprendre, je l'avoue en toute humilité, comment le nombre de tours d'une même machine variant comme 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 et 20, la vitesse linéaire à la circonférence varie, d'après le premier tableau, comme les nombres 7, 8, 9, 10, 12, 15, 18 et 21. — J'en dirai autant du second tableau où, aux valeurs 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 et 20, correspondent des vitesses circonférencielles de 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15 et 20.

Il y a évidemment un facteur omis quelque part dans les calculs; mais cette erreur est d'autant plus fâcheuse qu'elle intéresse le point le plus important, la vitesse à la circonférence, dont l'unité de temps n'est pas d'ailleurs précisée.

Enfin, il me paraît regrettable que M. Fontaine abandonne aussi facilement qu'il le fait, pages 83 et autres, la dénomination d'*anneau* pour celle de *bobine*, dans la description de la machine Gramme. Toute la science s'est faite sur les appellations typiques et caractéristiques d'*anneau Gramme* et de *bobine Siemens;* ces deux expressions impliquent des conceptions différentes, et il est fâcheux, au point de vue de la précision, de la clarté et de l'histoire, qu'elles viennent se confondre sous la plume du vaillant champion de la machine Gramme. E. B.

M. *Moorsom* et M. *Cabanellas* nous adressent, trop tard pour l'insertion, deux lettres relatives à l'effort de la *self-induction*. Nous les publierons ultérieurement. E. H

FAITS DIVERS

UN CONCOURS DE TÉLÉGRAPHISTES. — Le *Western Union Telegraph Company* de New-York a institué récemment un concours entre télégraphistes. La seule condition imposée était l'emploi de la clef de Morse en acier; les prix, au nombre de trois, médaille d'or, médaille d'argent et clef Morse ciselée, devaient être attribués aux opérateurs les plus habiles, en tenant compte à la fois de la rapidité, de la netteté et de l'exactitude des transmissions.

Dix opérateurs ont pris part au concours et ont tous fourni un travail remarquable à des points de vue divers.

Le message à transmettre en circuit local comprenait 500 mots, 15 alinéas et 4 guillemets, soit un total de 2368 lettres. Le premier prix a été gagné par M. Waugh pour sa transmission supérieure, chaque lettre et chaque mot étant parfaitement transmis en onze minutes et vingt-sept secondes; le second prix a été décerné à M. Gibson (onze minutes et trois secondes); le troisième prix à Kihm (dix minutes et trente-deux secondes).

Le plus rapide des dix concurrents a été M. Roloson qui a transmis le message en dix minutes et dix secondes, soit à raison de 50 mots par minute, mais le travail était un peu confus et trop difficile à lire pour mériter un prix.

Rappelons, pour donner une idée nette de la rapidité vraiment extraordinaire de ces transmissions, que la moyenne des vitesses courantes varie entre 12 et 15 mots par minute, et qu'on qualifie d'employé habile celui qui peut atteindre une vitesse de 18 à 20 mots par minute.

EXPOSITION DE PHILADELPHIE. — Depuis les dernières expositions, on n'a guère eu à enregistrer de grandes découvertes; on trouve cependant à Philadelphie tout ce qui a été fait de plus nouveau en télégraphie, en galvanoplastie, en électro-métallurgie, comme moteurs à gaz et à vapeur, et principalement sur tout ce qui a rapport aux nombreuses applications industrielles de l'électricité. Il est un point cependant sur lequel l'exposition actuelle le cède sur ses

devancières, c'est sur la question du transport à distance de l'énergie. Cette lacune est d'autant plus remarquée que ce problème est un de ceux dont la solution serait d'une importance spéciale aux États-Unis qui disposent d'un grand nombre de chutes d'eaux naturelles à proximité des centres industriels. Le transport de l'énergie n'est appliqué ici qu'à de faibles distances et à de petits outils tels que de vulgaires machines à coudre. Bien que l'éclairage soit incomplet, toutes les dynamos prévues n'étant pas encore installées, il ne laisse pas d'être féerique. Le phare d'Edison composé de 2500 lampes à incandescence de nuances diverses est un des clous de l'Exposition; l'effet cependant eût été plus grandiose, si ce phare se fût trouvé au centre du hall principal, au lieu d'être relégué dans un coin.

Au point de vue décoratif et artistique, cette exposition laisse beaucoup à désirer. L'Américain pratique a surtout en vue le succès matériel d'une entreprise.

Nous ne dirons quelques mots aujourd'hui que du département de la guerre et de la marine qui est le seul qui ait achevé son installation. On y voit différents modèles de voiture pour transporter le matériel de télégraphie de campagne; des caisses très légères que peuvent porter des cavaliers ou même des fantassins, suffisantes cependant pour contenir tout ce qu'il est nécessaire pour les mettre en communication télégraphique avec le corps d'armée. Non loin de là se trouvent des appareils destinés à la mesure de la vitesse du vent, de la durée et de la quantité de pluie ou neige tombée; des enregistreurs à distance de baromètres installés sur des bateaux situés au large. On voit également des instruments pour mesurer la vitesse des projectiles. Ces derniers traversent un tube avec les parois duquel ils se trouvent en communication électrique au moyen de réseaux de fils fins convenablement disposés. Un appareil remarquable, c'est le chronoscope de *Schulz* qui accuse des intervalles de temps de 1/5000 de seconde. Citons, comme mémoire, le pendule électro-balistique de *Benton*. Un certain M. *Wornly* expose un appareil qui permet de se servir simultanément des instruments précités et de contrôler ainsi l'un par l'autre par la comparaison des résultats qu'ils enregistrent. Un appareil curieux est celui auquel on a donné le nom de *Personal equation machine*, et que présente la Commission des études géodésiques. Cet instrument permet de déterminer l'intervalle de temps qui sépare le passage vrai d'une étoile en un point donné du passage apparent. Une étoile artificielle rendue lumineuse par le reflet d'une lampe se promène devant un petit télescope muni d'un quintuple réticule; l'étoile, en passant sur un des fils du réticule, manifeste sa présence en fermant un circuit; ce moment est enregistré instantanément par un chronographe, comme celui où l'image est perçue par l'observateur qui presse alors aussitôt sur un bouton.

Le département de la marine expose des lampes de projection de 10 000 et même de 40 000 bougies normales, alimentées par des machines Gramme; cette intensité considérable est indispensable pour déceler la présence des torpilleurs à une distance de 4 à 5 kilomètres; car il ne faut pas oublier qu'il s'agit d'apercevoir à temps ces terribles engins que l'on est parvenu à animer d'une vitesse de 24 nœuds. On peut d'ailleurs voir les types les plus

remarquables de ces engins de destruction. Un des plus curieux est un bateau en acier en forme de cigare de 7 à 8 mètres de long sur $0^m,60$ de diamètre, qui marche automatiquement et peut s'éloigner à plusieurs kilomètres de la rive. Il est chargé de coton-poudre, ce qui permet de le faire éclater aussi bien par le choc que sous l'influence de l'étincelle électriqne produite par des machines installées à terre.

—

Conservatoire national des Arts-et-Métiers. — Nous publions ci-dessous les sujets et heures des cours publics du soir (années 1884-1885) de nature à intéresser plus directement nos lecteurs :

MÉCANIQUE APPLIQUÉE AUX ARTS

Les lundis et jeudis, à sept heures trois quarts du soir.

M. Tresca, *professeur.* — Le cours ouvrira le jeudi 13 novembre.

Objets des leçons. — Sources de travail moteur. — Principe de l'équivalent mécanique. — Transformation des éléments du travail moteur dans les récepteurs. — Chaudières à vapeur. — Machines à vapeur et machines à gaz. — Autres récepteurs. — Transmission du travail à distance.

PHYSIQUE APPLIQUÉE AUX ARTS

Les mercredis et samedis, à neuf heures du soir.

M. Ed. Becquerel, *professeur* et M. Henri Becquerel, *suppléant.* — Le cours ouvrira le samedi 8 novembre.

Objet des leçons. — Propriétés générales de l'électricité. — Applications de l'électricité aux arts : piles voltaïques; appareils d'induction; machines dynamo-électriques; transport de la force; éclairage électrique; galvanoplastie; dorure, argenture, etc.; télégraphie; téléphonie; horlogerie électrique. — Actions chimiques produites par la lumière : photographie.

—

Éclairage électrique. — La ville d'Aigle (canton de Vaud, Suisse) va être pourvue d'une petite station centrale d'éclairage électrique par incandescence. La force motrice sera fournie par l'eau d'un canal qui traverse la ville. L'installation de cette station a été confiée à la *Société d'appareillage électrique*, à Genève.

Cette même société a installé au mois d'octobre, dans une des salles de la filature de *la Lorze*, près Baar (canton de Zug), un éclairage électrique consistant dans 44 lampes Edison de 10 bougies, alimentées par une dynamo Edison. Le résultat est des plus satisfaisants.

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

3813. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

LES MACHINES A COURANTS ALTERNATIFS

Le docteur Hopkinson a présenté, le 13 nov. dernier, à la Société des télégraphistes et des électriciens de Londres, une note reproduisant en partie la communication déjà faite par lui à la Société des ingénieurs civils.

Diverses questions relatives à la théorie des courants alternatifs sont traitées dans ces deux mémoires. Le point principal, et celui sur lequel l'auteur appelle l'attention des spécialistes, est l'établissement des deux propositions suivantes, que l'expérience paraît d'ailleurs avoir vérifiées dans une certaine mesure :

1° Deux générateurs de courants alternatifs accouplés en série sur le même circuit tendent toujours à prendre une différence de marche qui annule leurs effets ; et, pour l'état de régime auquel arrive le système, si des causes extérieures ne modifient pas cette action, il n'y a pas de courant sensible dans le circuit.

2° Deux machines alternatives couplées en dérivation tendent à prendre une marche qui ajoute leurs effets.

L'auteur démontre ces deux théorèmes analytiquement et aussi par un mode de discussion géométrique assez ingénieux et qui paraît devoir rendre d'autres services. On sait que la loi de variation des forces électromotrices des machines alternatives ou de leurs courants peut se représenter avec une très suffisante approximation par une fonction circulaire du temps. Graphiquement, si O,T est l'axe des temps, on pourra représenter les forces électromotrices des deux machines par deux sinusoïdes E_1, E_2 ; E_2 étant déplacé vers la droite d'une longueur qui représente en temps la phase ou le retard de la machine correspondante. Si l'on couple ces deux machines en tension, on peut, pour déterminer le courant, considérer le système comme soumis à une force électromotrice égale à la somme des deux premières, et qui sera de même période et représentée par la courbe E_r. Le courant lui-même se figurera par la sinusoïde I_r avec un retard sur E_r qui dépend du coefficient de self-induction du circuit total. Or, à

cause de ce retard même, la courbe I_r sera toujours plus rapprochée de E_2 (machine en retard) que de E_1 (machine en avance). Comme le travail effectué par chaque machine est représenté par E,I, la machine en retard travaillera plus par unité de temps, l'autre moins, et la différence de phase tendra à croître jusqu'à l'opposition complète des machines, qui est un état d'équilibre, mais correspond à un courant nul.

S'il s'agit de deux générateurs en quantité ou, comme on dit en Angleterre, parallèles, l'auteur les considère d'abord comme étant en tension dans le circuit qui les réunit (M,E_1,E_2,N) ; leur état de régime est, ainsi que nous avons vu, l'opposition. Comme cet état est parfaitement compatible avec l'existence d'un courant dans le circuit total (M,N,P) fourni par les deux machines en opposant leurs polarités à chaque instant, cette opposition et ce courant représentent bien l'équilibre final.

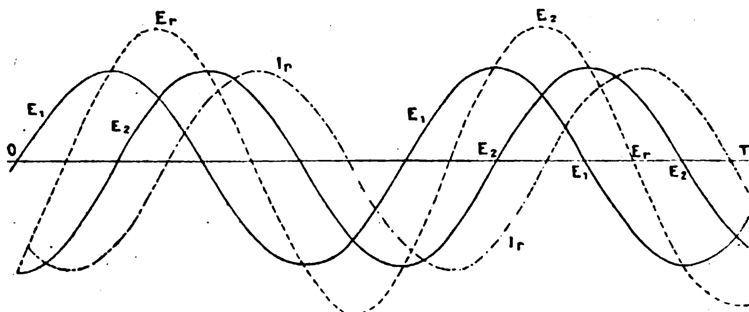


Fig. 1.

Ces démonstrations, pour ainsi dire élémentaires, des propriétés d'appareils aussi complexes que les machines alternatives, nous ont paru mériter d'être reproduites. Il va sans dire d'ailleurs que l'auteur y a joint l'étude analytique des mêmes questions. Cette étude analytique est d'ailleurs relativement aisée ; les phénomènes d'induction dépendant, comme on le sait, d'équations différentielles dont les coefficients sont connus et constants, sauf la force électromotrice dans le cas des machines (terme qui ne contient pas l'intensité). Si l'on suppose que cette force est une fonction circulaire du temps $\left(\varepsilon \sin \frac{2\pi t}{T}\right)$, une équation ou un groupe

d'équations identiques s'intégreront toujours très facilement et donneront pour le courant une fonction circulaire aussi de même période que la première. C'est M. Joubert qui paraît avoir introduit le premier cette hypothèse qui a beaucoup simplifié et éclairci l'étude des machines alternatives. Elle représente d'ailleurs, on peut le dire, une solution théoriquement complète de la question, car une force électromotrice, périodiquement variable avec le temps, sera toujours représentée par une somme de fonctions circulaires, et le courant par une somme analogue.

En suivant cette méthode analytique, le docteur Hopkinson a traité en détail, en outre des deux problèmes cités en commençant, une série de questions assez intéressantes pour les praticiens. Nous citerons en particulier l'étude du travail absorbé par l'arc électrique basée sur l'hypothèse de la variation *discontinue* de la force contre-électromotrice ; une étude, approximative seulement, de l'influence des noyaux de fer doux dans les générateurs alternatifs, enfin l'explication analytique complète de l'effet du condensateur pour renforcer la force électromotrice maxima ou l'amplitude des courants sinusoïdaux. Cette dernière question n'avait encore, à notre connaissance, été traitée dans aucun ouvrage technique usuel, bien que l'emploi des condensateurs ait été tenté à diverses reprises, en particulier dans l'éclairage de l'avenue de l'Opéra au moyen de bougies Jablochkoff.

En terminant l'auteur a donné le détail d'une expérience exécutée au phare de Tino sur deux machines égales de Méritens. Ces deux appareils ayant été couplés parallèlement, et toutes les précautions prises pour que leur marche pût arriver à être concordante, il a été constaté qu'ils se mettaient effectivement en concordance et fournissaient un courant parfaitement régulier de *deux cents* ampères. En opposition, elles donnaient seulement 18 ampères.

Cette expérience remarquable, outre l'intérêt directement pratique qu'elle présente, confirme assez bien les vues du docteur Hopkinson. Une conséquence des plus importantes, qu'il ne fait qu'indiquer aujourd'hui, mais sur laquelle nous aurons probablement occasion de revenir, est la possibilité *théorique* d'effectuer le transport de l'énergie au moyen de machines alternatives. Ce

résultat d'un haut intérêt demande à être examiné de plus près, et surtout à être confirmé par quelques faits expérimentaux.

G. Chaperon.

CAPACITÉ D'UN CONDENSATEUR

ET NOMBRE DE VIBRATIONS D'UN DIAPASON

—

DEMONSTRATION D'UNE FORMULE DE J. J. THOMSON

On trouve, dans *l'Électricien* du 15 septembre 1884, la description d'une expérience de M. Glazebrook, avec une formule complète de calcul due à M. J. J. Thomson; en voici une démonstration simple.

Pour l'exactitude du calcul, il faut satisfaire aux conditions suivantes :

1° La force électromotrice de la pile et sa résistance sont rigoureusement constantes, malgré les variations de son débit; il sera prudent, pour que la valeur relative de ces variations ne soit pas trop grande, d'employer une pile à large surface;

2° Le condensateur est parfaitement isolé; il ne donne lieu à aucun phénomène résiduel, ce qui, en toute rigueur, exigerait que l'isolant soit un gaz sec;

3° Les deux fils de jonction du condensateur au reste du circuit sont assez courts pour qu'on puisse en négliger la résistance et le coefficient d'induction;

4° Il n'y a pas à tenir compte des phénomènes d'induction mutuelle ou de self-induction dans la partie du circuit extérieure au condensateur, parce que dans tous ses fils, y compris celui du galvanomètre, l'état initial et l'état final sont identiques.

Cela posé, conservons les notations et la figure de l'article cité, et prenons pour sens positifs sur les divers fils a, b, c, d, g, les sens AC, BA, AD, CB, DC.

Une vibration du diapason comprend deux phases : 1° charge

du condensateur par communication de P avec S; 2° décharge du condensateur sur lui-même. Nous supposerons que la première phase dure assez longtemps pour que l'état permanent soit atteint; le courant de charge du condensateur dans la branche DB du pont est alors nul, et l'état est le même que si le condensateur et la branche DB étaient entièrement supprimés; on peut rompre la communication du condensateur avec B et le fermer sur lui-même sans rien changer, c'est le commencement de la deuxième phase; la durée de celle-ci peut être bien moindre : il suffit que le condensateur, fermé sur lui-même par un fil sans résistance DR, soit revenu à l'état neutre.

Toute la deuxième phase est donc l'état permanent d'un pont dans lequel la branche DB est coupée. Cherchons l'intensité i qui traverse le galvanomètre, et la différence de potentiel V entre le point D et le point B.

Les équations de Kirchhoff pour les sommets A, C, et pour les circuits fermés ADCA, ADCBA, donnent, en désignant par I l'intensité dans la pile :

$$a(\mathrm{I}-i)=(c+g),i \qquad \text{ADCA}$$

$$\mathrm{E}=\mathrm{I}(b+d)+(c+g)\,i, \qquad \text{ADCBA}$$

d'où l'on tire :

$$\mathrm{E}=\left[\frac{(b+d)(a+c+g)}{a}+c+g\right]i,$$

et :

$$\mathrm{V}=gi+b\,\mathrm{I}=\left(\frac{b(a+c+g)}{a}+g\right)i. \qquad (1)$$

Pendant la première phase, à cet état permanent se superpose un état variable dont les quantités totales d'électricité suivent séparément les lois d'Ohm, dans tous les fils autres que celui où est le condensateur, puisque dans tous ces fils l'intensité finale est identique à l'intensité initiale. Pour cet état variable superposé à l'état permanent, le fil de la pile — supposée constante — se comporte comme une simple résistance, sans force électromotrice. Désignons par Q, q, les quantités totales d'électricité qui traversent le fil de la pile et le galvanomètre dans le sens

positif, pendant cet état variable superposé à l'état permanent. Le condensateur part d'une charge nulle et atteint une charge CV, il sort donc du circuit en D, il y entre en B une quantité d'électricité CV. Appliquant les équations de Kirchhoff aux sommets B, C, D, nous trouvons pour les quantités totales dans les fils *a*, *c*, *d*, rapportées aux sens positifs déjà choisis :

$$Q - CV, \qquad d$$

$$CV + q, \qquad c$$

$$Q - q - CV. \qquad a$$

Puis les circuits fermés donnent :

$$a(Q - q - CV) - gq - c(CV + q) = o, \qquad ACDA$$

$$a(Q - q - CV) + d(Q - CV) + bQ = o. \qquad ACBA$$

De la première équation on tire :

$$aQ = CV(a + c) + q(a + c + g).$$

Portons cette valeur de Q dans la deuxième équation :

$$q[a^2 - (a + c + g)(a + b + d)] = CV[c(a + b + d) + ab].$$

La condition de zéro du galvanomètre est, s'il y a n vibrations par seconde, que la quantité totale $nq + i$ d'électricité qui le traverse soit nulle ; ce qui donne, eu égard à la valeur (1) de V en fonction de i, précisément la condition de J. J. Thomson :

$$nC = a\frac{(a + c + g)(a + b + d) - a^2}{[d(a + c + g) + ag][c(a + b + d) + ab]}.$$

Si la force électromotrice de la pile n'est pas indépendante de son débit, les équations de l'état variable dépendent de la loi de polarisation de la pile et des phénomènes d'induction ; le partage des quantités d'électricité entre les différents fils ne suit plus les mêmes lois, et le problème devient d'une complication qui lui ôte tout intérêt pratique. M. Brillouin.

LA SELF-INDUCTION

J'estime que toute personne, ayant observé ou étudié par elle-même les actions qui se produisent dans le modèle imaginé par Clerk-Maxwell, pour mettre en évidence les effets de la self-induction et de l'induction mutuelle, ne pourra considérer l'énergie qui disparaît à la fermeture du circuit comme dépensée pour franchir un obstacle de la nature d'une résistance électrique.

Cette énergie n'est pas perdue; en effet, elle reparaît sans aucune diminution de valeur dès que le circuit est ouvert, et elle reparaît sous sa forme primitive, celle d'une différence de potentiel électrique.

Ne s'ensuit-il pas que la force produisant cette disparition d'énergie à la fermeture (*make*) est la même qui produit l'apparition d'une quantité d'énergie égale à l'ouverture (*break*)? Et, par conséquent, que cette force est de la nature de celle à laquelle Rankine donne le nom de *force réciproque*, force agissant alternativement comme un effort et une résistance égale et opposée, telle, par exemple, que le poids d'un corps qui s'élève et retombe alternativement?

La résistance électrique n'a pas de propriété commune avec une force réciproque; mais elle a une seule propriété commune avec une force non réciproque comme le frottement.

L'énergie dépensée pour vaincre la résistance électrique apparaît sous forme de chaleur, elle est dissipée et ne peut plus être recueillie sous sa forme primitive; au contraire, l'énergie dépensée dans la self-induction ne prend pas la forme calorifique, elle n'est pas dissipée[1] et se retrouve sous sa forme originelle lorsque le circuit est ouvert.

Donc, la force qu'il faut vaincre, avant d'établir un courant de régime dans un circuit, est de la nature d'une force réci-

[1] Elle n'est pas dissipée dans les machines à courants alternatifs, mais elle l'est dans les machines à courant continu. E. H.

proque; elle n'est pas de la nature d'un frottement, elle n'est nullement une résistance électrique.

Soit :

F, la valeur moyenne de cette force;

L, la distance sur laquelle elle agit;

FL est l'énergie disparaissant à la fermeture du circuit et reparaissant à l'ouverture :

$$FL = \frac{UI^2}{2}, \qquad (1)$$

U étant le coefficient de self-induction du circuit, et I l'intensité du courant.

On tire de l'équation (1) :

$$F = \frac{UI^2}{2L}, \qquad (2)$$

en prenant la considération des *forces* dans le sens rigoureux du mot, et celle des *forces* fictives dans leurs relations avec l'électricité seulement et non avec la matière.

Voici, d'ailleurs, un fait expérimental qui, dans mon esprit, est une preuve évidente que la *force* de self-induction n'est pas de la nature d'une résistance électrique. La *force* de self-induction d'une bobine donnée peut être grandement accrue par la simple introduction d'un noyau de fer en son milieu, et sans rien changer dans la longueur, la section ou l'état moléculaire du fil. La *force* de self-induction peut alors s'écrire sous la forme :

$$\frac{\text{Énergie dépensée}}{\text{Quantité d'électricité}} = \frac{FL}{\frac{I}{2}T} = \frac{UI}{T}.$$

Elle est une vraie force électromotrice.

Cette conclusion ne change pas la validité de la remarque de M. le professeur S. P. Thompson, que le coefficient $\frac{U}{T}$ peut être exprimé en ohms, comme s'il était une résistance électrique, car U, ayant les dimensions d'une longueur, le rapport $\frac{U}{T}$ a les dimensions d'une vitesse, c'est-à-dire les dimensions d'un ohm.

Clevedon. (*England*.) W. M. Moorsom.

AFFINAGE DU CUIVRE[1]

INSTALLATION DE M. HILARION ROUX. — M. Mather a installé à Marseille, pour le compte de M. Hilarion Roux, un petit raffinage de cuivre dont voici les données principales :

Nombre de bains	40
Surface d'anodes totale	900 m. q.
Surface d'anodes par bain	22,50
Nombre de plaques par bain	250
Longueur des plaques	0m,68
Largeur des plaques	0m,15
Épaisseur des plaques	0m,01
Poids des plaques	12 kilogr.
Hauteur d'immersion de chaque plaque	0m,58
Épaisseur des cathodes	0m,0005
Distance entre les anodes et les cathodes	0m,05
Poids total du cuivre en traitement	55 tonnes.
Machine Gramme employée	N° 1
Nombre de tours par minute	850
Poids de cuivre purifié par heure	10k,40
Poids du cuivre purifié par jour	250 kilogr.
Poids du charbon dépensé par jour	240 —
Force motrice employée	5 chev.

Le bain est composé de sulfate de cuivre dilué, titrant de 16 à 18 degrés. La température est maintenue constante à 25 degrés centigrades.

L'installation complète de la raffinerie de cuivre de M. Hilarion Roux a coûté environ 23 000 francs : bains, machine Gramme et moteur à vapeur. Le capital immobilisé atteint 130 000 à 150 000 francs.

INSTALLATION DE L'ELLIOTT'S METAL COMPANY LIMITED. — Cette compagnie possède à Selly Oak Works, près Birmingham, une usine d'affinage de cuivre produisant 10 tonnes par semaine, alimentée par cinq machines dynamo-électriques Wilde. Chaque machine envoie le courant dans 48 bains couplés en tension.

Les bains ont 0m,90 de longueur, 0m,90 de largeur et 1m,20 de hauteur ; ils sont garnis de terre cuite et d'une couche d'asphalte. Chaque bain renferme 16 anodes, ayant 0m,625 de longueur sur 0m,175 de largeur et 0m,0125 d'épaisseur. Le poids d'une anode est de 12 kilogrammes. Les cathodes sont au nombre de 10 par bain ; elles ont 0m,425 de hauteur, 0m,400 de largeur et 0m,0008 d'épaisseur. Le poids d'une cathode est de 1kg,30.

[1] Voy. l'*Électricien*, n° 87, du 15 novembre 1884, p. 445.

Le poids total du cuivre contenu dans un bain est de 205 kilogrammes ; le poids total du cuivre contenu dans une batterie de 48 bains est de 9840 kilogrammes.

La distance entre les cathodes et les anodes est de $0^m,0875$. Les anodes sont plongées dans les bains jusqu'à $0^m,500$ de hauteur, de sorte que la surface immergée est de $0^m,5 \times 0^m,175 = 0^{mq},0875$ pour un côté et de $0^{mq},175$ pour les deux côtés. Cette surface est de $2^{mq},800$ par bain.

L'usine de Selly Oak a cinq installations semblables. La durée du travail est de cent cinquante-six heures par semaine, ce qui donne un repos de douze heures le dimanche.

La production pour quarante-huit bains est de : 13,5 kilogrammes à l'heure, 324 kilogrammmes en vingt-quatre heures, 2268 kilogrammes par semaine.

Chaque bain produit donc $\frac{13}{48} = 0^{kg},275$ par heure, ce qui correspond à un courant d'une intensité de 233 ampères.

La température est maintenue à environ 20 degrés centigrades dans les salles des bains. Le degré de concentration des bains est de 16 degrés Baumé. Les anodes, ayant une épaisseur de $0^m,0125$, sont remplacées toutes les cinq semaines.

Les premières machines Wilde, en usage chez Elkington et dans plusieurs grandes manufactures anglaises, étaient composées de deux appareils superposés : l'un magnétique, de petites dimensions ; l'autre électro-magnétique, de grandes dimensions. La seule fonction du premier était d'exciter les électro-aimants du second, lequel fournissait le courant dans les bains d'affinage. Ces appareils s'échauffaient tellement, après quelques heures de marche, qu'il était nécessaire de les refroidir par un courant d'eau lancé dans les électro-aimants et les armatures. Ils dépensaient beaucoup de travail pour produire une quantité donnée d'électricité et se détérioraient assez rapidement. Malgré ces inconvénients multiples, il faut reconnaître qu'ils rendaient de précieux services et qu'ils étaient supérieurs à tous les autres systèmes connus avant l'invention des machines Gramme.

A Selly Oak, les machines Wilde (fig. 2) sont d'un type perfectionné; mais, comme les précédentes, elles fournissent des courants alternatifs qu'il faut redresser par un commutateur avant de leur faire traverser les bains d'affinage.

Ce nouveau type consiste en une armature portant une série de bobines tournant entre les extrémités libres d'un certain nombre d'électro-aimants cylindriques disposés en cercle de chaque côté de l'armature, et fixées par l'autre extrémité au bâti de la machine.

Les bobines de l'armature sont munies de noyaux en fer, contrairement à ce qui existe dans les machines à courants alternatifs de Siemens, lesquelles n'ont aucun noyau métallique. Il y a 16 rangées de bobines et d'électro-aimants : deux des bobines engendrent le courant excitateur, les quatorze autres produisent le courant utilisé extérieurement.

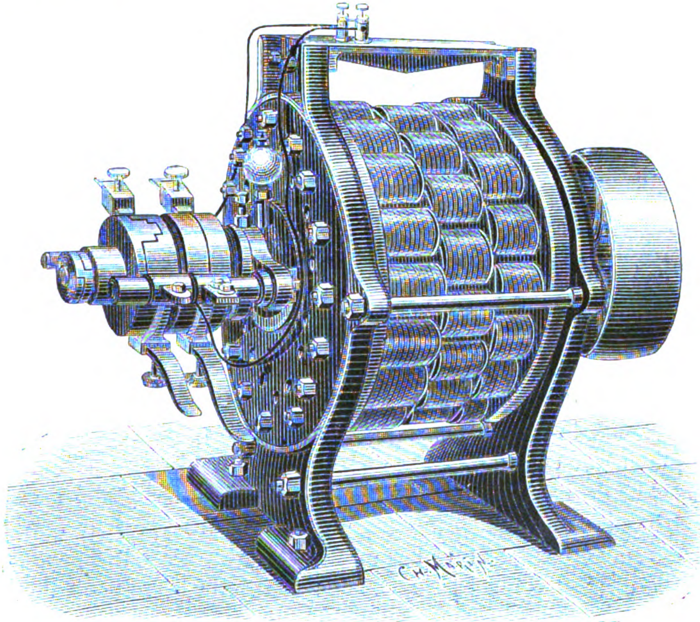


Fig. 2. — Machine Wilde pour l'affinage du cuivre.

La machine a deux commutateurs : l'un pour redresser le courant qui traverse l'inducteur, l'autre pour redresser le courant principal relié aux électrodes des bains d'affinage. Ces commutateurs sont disposés extérieurement de manière à être facilement tournés, démontés et replacés, en cas de réparation ou de réfection. Cette machine chauffe encore beaucoup, mais elle fait un excellent service, et sa construction est d'une grande simplicité.

Installation de la fonderie de Oker. — M. Siemens a construit pour la fonderie de Oker (Allemagne) de grandes machines dynamos, qui servent également à l'électrolyse des sulfates pour l'affinage du cuivre. Ces machines sont au nombre de trois : l'une fonctionne depuis quatre ans, les autres sont d'installation plus récente.

Pour donner une faible résistance intérieure et une grande puissance en ampères, le constructeur a garni le fer doux et les barres d'électro avec des barres de cuivre de section rectangulaire, au lieu d'employer des fils enroulés, comme dans les machines à lumière et à transmission de force.

L'induit ne porte qu'une seule série de lames, avec l'enroulement de M. Hefner-Alteneck. Pour relier entre elles les lames correspondantes, on a employé sur la face de la bobine opposée au collecteur de larges lames contournées en spirales. Sur la face antérieure de la bobine, du côté du collecteur, les lames sont reliées à ce dernier, à l'aide de fortes cornières en cuivre.

L'inducteur est également formé d'une seule couche de bandes de cuivre disposées en forme de spires, au nombre de sept sur chaque branche, soit vingt-quatre en tout. La section transversale de ces barres est de 13 centimètres carrés; les jonctions sont boulonnées et soudées pour assurer de bons contacts.

L'isolement des spires est fait avec de l'amiante qui, par suite de son incombustibilité, permet à la machine de s'échauffer sans danger; aussi les machines de Oker atteignent-elles un degré élevé de température, sans autre inconvénient que celui d'augmenter leur résistance et, par suite, le travail moteur nécessité pour la précipitation d'un poids donné de cuivre.

Chacune de ces machines alimente de dix à douze grandes cuves et purifie de 240 à 300 kilogrammes de cuivre par jour (environ 1 kilogramme par heure et par cuve). La force nécessitée pour produire le courant est de 10 à 12 chevaux; elle correspond donc à 1 cheval par cuve.

La résistance intérieure des machines est de 0,00075 ohm, force électromotrice de 3 à 6 volts, l'intensité de 810 à 1000 ampères. La résistance totale des bains et des conducteurs est d'environ 0,0055 ohm; le rapport entre la résistance intérieure de la machine et la résistance extérieure est donc $\frac{0,00075}{0,0055} = \frac{1}{7}$.

Nous n'avons pas de renseignements plus complets sur cette installation. Ce qui précède montre seulement que la direction de Oker n'a pas voulu immobiliser un capital aussi important que les usines dont nous avons parlé précédemment. Les cuivres traités paraissent être assez difficiles à purifier, car l'*Electrotechnische Zeitschrift*, qui a, le premier, parlé de l'installation de Oker, fait les remarques suivantes :

« Ces données se rapportent à des solutions cuivriques, ne renfermant pas plus d'un demi pour 100 d'impuretés. Plus la solution est

impure, plus grande est la polarisation électrique qui se produit dans les bacs, et plus il faut dépenser de travail pour vaincre cette polarisation qui est maximum lorsqu'il y a dégagement de gaz, c'est-à-dire décomposition de l'eau. »

CONDITIONS ÉCONOMIQUES DE L'AFFINAGE ÉLECTRIQUE DU CUIVRE. — Après avoir donné une idée générale des procédés employés pour affiner le cuivre et décrit sommairement quelques-unes des installations principales où ces procédés sont appliqués, il nous paraît intéressant d'examiner quelles sont les conditions à remplir pour établir une usine fonctionnant avec économie, c'est-à-dire capable de raffiner le cuivre avec le moins de dépenses possible.

Pour arriver à formuler ces conditions, il est nécessaire de passer en revue plusieurs questions accessoires, telles que l'intensité maxima du courant par suite de surface d'électrodes, la résistance des bains de sulfate de cuivre, le capital à immobiliser pour une production donnée, etc., etc. La première de ces questions a une importance capitale, car c'est le point de départ de tous les projets d'installation d'affinage; nous allons donc la traiter avec un développement exceptionnel.

EXPÉRIENCES DE M. GRAMME. — M. Gramme a exécuté diverses expériences sur des bains de sulfate de cuivre avec anodes solubles et anodes insolubles. Nous extrayons ce qui suit du mémoire présenté par l'auteur à l'Académie des sciences le 29 août 1877.

Quand, après la création des machines dynamos industrielles, on pensa à s'en servir pour les opérations d'électrolyse, on dut suivre les habitudes des usines dans lesquelles on voulait changer la source d'électricité, et, comme dans ces usines les bains étaient placés en dérivation les uns par rapport aux autres, on fut amené à construire des machines d'une très faible résistance intérieure, afin de produire une grande quantité d'électricité avec une force électromotrice assez faible.

La force électromotrice augmentant rapidement avec la vitesse donnée aux machines, M. Gramme fut amené à penser qu'il serait possible d'obtenir des dépôts métalliques beaucoup plus considérables qu'on ne les obtenait habituellement, sans que la dépense de force motrice s'accrût dans le même rapport.

Pour écarter autant que possible les phénomènes de polarisation qui eussent modifié le problème sans en faciliter la solution, M. Gramme se plaça dans le cas particulièrement simple de l'électrolyse du sulfate de cuivre, en prenant pour les anodes et pour les

cathodes des plaques de cuivre d'égale dimension, et il voulut démontrer qu'un bain, présentant au courant une résistance donnée et opérant par heure le dépôt d'un poids donné de métal, pouvait toujours être remplacé par deux bains de même nature ayant moitié moins de résistance chacun et opérant, à eux deux, un dépôt total double du premier, et cela, sans aucun changement ni dans la dépense de force motrice, ni dans le courant électrique qui traverse les solutions métalliques.

Première série d'expériences. — Les premières expériences entreprises par Gramme furent faites avec des bains en nombre variable, placés tous en dérivation les uns par rapport aux autres, c'est-à-dire à l'ancienne manière. Elles démontrèrent qu'avec un bain ou trente-six bains, le dépôt était le même pour une intensité constante. C'était une vérification de la loi de Faraday, réalisée industriellement, avec une excellente machine magnéto-électrique à courant continu. Chaque bain ne renfermait qu'une anode et une cathode ayant une surface de 16 décimètres carrés chacune. L'intensité du courant était de 6,3 ampères. Avec un seul bain, le dépôt constaté a été de 7 grammes par heure; avec douze bains, il a été de $7^{gr},1$; avec trente-six bains, c'est-à-dire avec une surface d'anodes de près de 6 mètres carrés, il a été de $7^{gr},1$ (environ 2 décigrammes par bain).

Deuxième série d'expériences. — Les essais ont été faits sur des bains mis en chaîne, comme les éléments d'une pile en tension; leur nombre a varié de 1 à 48, mais ils avaient tous des électrodes de même étendue (16 décimètres carrés). La vitesse de la machine a été augmentée, à mesure que le nombre de bains croissait, et la force électromotrice a varié de 1 à 8 volts.

Les résultats obtenus montrent que le dépôt de cuivre a augmenté avec le nombre de bains; il a augmenté non seulement en quantité absolue, mais même par rapport au travail dépensé dans l'opération. Le poids de cuivre par kilogrammètre-heure a varié depuis $1^{gr},58$ jusqu'à $23^{gr},18$ et même jusqu'à 140 grammes, si l'on défalque les pertes de travail du moteur qu'on a pu apprécier, ainsi que nous le dirons plus loin, tandis que dans la première série d'expériences le poids de cuivre dépensé n'a pas été supérieur à $1^{gr},96$.

La conclusion pratique de ces expériences est évidente; il y a grande économie à disposer les bains en tension, lorsqu'on fait usage de machines dynamo-électriques.

Troisième série d'expériences. — M. Gramme s'est proposé de

maintenir l'intensité d'un courant toujours le même dans une suite d'essais comparatifs; il a été amené à augmenter l'étendue des électrodes en même temps que le nombre de bains mis en chaîne, de manière à rendre constante la résistance totale du circuit.

La quantité de cuivre déposée dans un bain est sensiblement la même dans toutes les expériences. La vitesse de la machine et la force électromotrice du courant n'ont pas changé, et le travail dépensé a été sensiblement invariable.

Ces expériences sont en parfait accord avec toutes les idées théoriques reçues, sauf en un seul point; on remarquera, en effet, que M. Gramme a été amené à augmenter les sections du liquide, plus que dans le rapport du nombre de bains couplés en tension.

Quoi qu'il en soit, on voit ici des circuits différents, mais de résistance uniforme avec une force électromotrice et une intensité électrique invariables; on ne peut donc s'étonner de voir, dans chaque partie de ces différents circuits, la quantité de cuivre déposé rester sensiblement constante. Mais on remarquera que la quantité totale de cuivre déposé dans le circuit entier est proportionnelle au nombre de bains; d'où l'on pourrait conclure que, avec une quantité fixe de travail dépensé, on peut, par des dispositions convenables, augmenter presque indéfiniment le dépôt total.

Quatrième série d'expériences. — Dans une dernière série d'expériences, M. Gramme s'est rendu compte de ce qui arrive si l'on substitue aux anodes solubles de cuivre des anodes de plomb insolubles dans le sulfate de cuivre. Comme on devait s'y attendre, la polarisation a été considérable et les dépôts de cuivre beaucoup moindres que précédemment, puisque le travail de décomposition du sulfate de cuivre du bain n'était plus compensé par la formation d'une quantité égale de sulfate, résultant de l'attaque de l'anode par l'acide.

Toutes ces expériences ont été réalisées avec beaucoup de soins, ainsi que M. Gramme l'explique dans son rapport à l'Académie des sciences : « Je me suis placé, dit-il, dans des conditions que je crois favorables pour la mesure du travail dépensé dans chaque expérience; la constance du travail était presque parfaite pendant les trois heures que durait chacune d'elles; je le vérifiais constamment en consultant le galvanomètre.

« L'expérience terminée, j'ouvrais le circuit, je plaçais un frein de Prony sur une roue du moteur à gaz, je le ramenais à la vitesse qu'il avait eue pendant l'opération électrolytique, et j'en concluais quel avait été le travail dépensé.

« Il m'était facile ensuite, en supprimant la liaison entre le moteur

et la machine électrique, de reconnaître quelle partie du travail moteur était absorbée par les résistances passives de la machine électrique.

« J'ai voulu aller plus loin et me rendre compte de la perte de travail correspondant à l'échauffement des bains; et, pour y parvenir, j'ai procédé comme il suit :

« Dans chaque expérience, j'ai pris la température initiale et finale des bains ; un bain inactif placé dans le voisinage servait de terme de comparaison. La différence de température finale entre les bains actifs et le bain inactif représentait l'échauffement dû au courant.

« Tenant compte de cette différence, de la quantité de liquide en fonction et de la chaleur spécifique de la liqueur que j'ai trouvée égale à 0,80, j'obtenais le nombre de calories fournies aux bains par le passage d'un courant. Multipliant ensuite par l'équivalent mécanique de la chaleur, j'arrivais à la quantité de travail représenté par ce calorique apparent.

« Il est entendu que ce n'est que la quantité apparente et sensible de chaleur, dont j'ai pu ainsi calculer la valeur, et que les nombres que j'ai trouvés sont inférieurs à la réalité.

« En déduisant du travail total fourni par le moteur dans chaque expérience, le travail correspondant aux frottements de la machine électrique et celui dû à l'échauffement des liquides, j'arrivais à la quantité que j'ai appelée *reste* dans les colonnes de mes tableaux.

« Dans les expériences de la troisième série, on a la preuve irrécusable du fait que la dépense en travail dans l'électrolyse avec anodes solubles peut être considérée comme nulle, car on voit le dépôt passer de 15 à 60 grammes sans une augmentation de dépense de force pouvant être mesurée. Si certaines expériences nous présentent partout un reste de travail dont nous ne pouvons pas préciser l'emploi, il faut remarquer que ce *reste* se réduit de plus en plus à mesure que je réalise des conditions meilleures et descend jusqu'à 0,868 de kilogrammètre, et à moins du sixième du travail total. Il s'explique par un travail calorifique dans les autres parties du circuit. »

Expériences de M. Ed. Becquerel. — M. Ed. Becquerel a fait, il y a plus de vingt ans, des recherches fort intéressantes sur l'électrolyse du sulfate de cuivre en vue de déterminer si les quantités déposées sur les cathodes correspondent bien aux quantités dissoutes des anodes.

Ces expériences[1] ont été faites simultanément avec des dissolutions

[1] *Éléments d'électro-chimie*, par M. Becquerel, édition de 1864, p. 220.

de sulfate de cuivre du commerce, de cuivre acidulé par l'acide sulfurique au vingtième, de sulfate du cuivre cristallisé plusieurs fois et de sulfate mis en digestion à froid avec du carbonate de cuivre, afin de le rendre neutre. M. Becquerel agissait avec un nombre de couples Bunsen variant de 1 à 10 éléments; les poids de cuivre déposé ont varié de 1 à 15 grammes.

Voici les résultats qu'il a obtenus :

1° Avec la dissolution saturée de sulfate de cuivre acidulé au vingtième, la perte de poids au pôle positif, à l'électrode en cuivre, est toujours supérieure à l'augmentation de poids sur la cathode. Cette différence a varié entre deux et cinq centièmes du poids du dépôt (en moyenne 0,033). Pour éviter l'altération du cuivre, on avait eu soin de sécher les électrodes dans le vide après les avoir retirées de la solution;

2° Avec la dissolution de sulfate de cuivre neutralisée à froid par le carbonate, la perte au pôle positif a été tantôt supérieure et tantôt inférieure au gain du pôle négatif, mais les différences n'atteignaient pas un centième du poids du dépôt. En moyenne, la perte de poids a été inférieure au poids du dépôt de quelques millièmes seulement. Les dépôts dans les deux premières solutions (acide et ordinaire) étaient à grains très fins et cohérents, et pouvaient être enlevés en lames; tandis que, dans les deux dernières (pure et neutre), le cuivre était cristallisé et les grains avaient plus d'adhérence entre eux.

Mais les expériences, surtout avec la quatrième dissolution, laissent à désirer en ce sens qu'au pôle positif il se détache des lamelles noirâtres provenant de la formation de sous-sels de cuivre; ce qui n'a pas lieu dans les premières, à cause de l'acidité de la dissolution. Dans la même dissolution neutre, le dépôt cuivreux négatif est rosé et contient probablement du protoxyde, car, chauffé dans l'hydrogène, il perd un peu de son poids.

Ces résultats donnent un exemple de l'influence des liquides et des électrodes, sur les effets produits et sur la cohésion du dépôt. Néanmoins, si l'on s'en rapporte aux résultats donnés par les trois premiers liquides, on peut admettre que la différence de la perte de poids de l'électrode soluble, tient principalement à l'acidité du liquide, puisque le sulfate de cuivre du commerce est toujours acide et qu'avec le sulfate pur cette différence est très faible.

Si nous enregistrons les expériences de M. Ed. Becquerel en détail, c'est non seulement pour mettre en garde les affineurs contre une perte de travail de 3 à 4 pour 100 qu'il est facile d'éviter, en recherchant des sulfates aussi purs que possible, mais c'est surtout pour qu'ils puissent empêcher leurs bains de varier de composition. Avec

des dissolutions trop riches en cuivre, la résistance et, par suite, la force motrice seraient réduites, mais le métal se déposerait avec une pureté moins parfaite et une ténacité moins grande.

Dans une autre partie de son *Traité d'électro-chimie*, M. Becquerel rapporte un fait curieux que nous avons également observé et qui mérite d'être remis en lumière.

« Lorsqu'on prépare en grand le sulfate de cuivre et qu'on le conserve dans des vases en bois, on observe qu'au bout de quelque temps il se dépose du cuivre métallique à l'extrémité de quelques douves. La matière organique intervient pour opérer la réduction. Le dépôt de cuivre continue peu à peu, et finit par former de grandes masses de cuivre cohérentes. Dans cette réduction, le sulfate de deutoxyde se change en sulfate de protoxyde. Mais il reste à expliquer pourquoi le dépôt s'effectue en certains points, et pourquoi toutes les parties présentent la même cohérence. Admettons, comme tout semble le prouver, que les premières particules de cuivre déposées sur les douves soient dues à la réaction dont on vient de parler. Ces particules, en contact avec les matières carbonisées du bois décomposé, constituent un couple voltaïque; le cuivre est le pôle négatif, et les matières carbonisées, sur lesquelles réagit l'acide sulfurique, le pôle positif : par conséquent, le cuivre doit se déposer sur le cuivre déjà précipité.

(*A suivre.*) HIPPOLYTE FONTAINE.

UNE CURIEUSE EXPÉRIENCE DE TÉLÉGRAPHIE SYNCHRONIQUE MULTIPLE

PAR LE PROFESSEUR EDWIN J. HOUSTON

Une expérience des plus extraordinaires, capable d'une utilité pratique, vient d'être faite par M. Patrick, B. Delany, avec son système télégraphique synchronique multiple qui est actuellement employé entre Boston et Providence, sur un parcours d'environ cinquante milles[1].

Comme l'expérience qui va être décrite dépasse peut-être toute croyance, je désire déclarer que je l'ai vue moi-même et que je puis garantir la véracité des faits relatés.

Désirant essayer d'adapter au système synchronique les *répéteurs* automatiques employés dans les autres systèmes télégraphiques et à

[1] Voy. l'*Électricien*, n° 87 du 15 novembre 1884, p. 454.

l'aide desquels on parvient à vaincre les grandes distances, M. Delany, dans la dernière quinzaine, a employé avec succès, en trois occasions différentes, ces *répéteurs* avec son système; la dernière expérience a eu lieu notamment le 14 juillet en ma présence.

Un des deux câbles créés par la *Multiplex Company*, entre Boston et Providence, a été divisé en 6 circuits Morse séparés et distincts.

Le premier de ces circuits, que nous appellerons le n° 1, était en opération à Providence, où le relais récepteur sur ce circuit était relié à l'instrument transmetteur du circuit n° 2. A Boston, le relais receveur du circuit n° 2 était relié à l'instrument transmetteur du circuit n° 3. A Providence, le relais receveur du circuit n° 3 était relié à l'instrument transmetteur du circuit n° 4, qui était relié à l'instrument transmetteur du circuit n° 5. A Boston, l'instrument transmetteur du circuit n° 5. Enfin à Providence le relais, ou instrument receveur du n° 5, était relié au transmetteur du circuit n° 6. Grâce à ces dispositions, les instruments transmetteurs de chaque station étaient mis en œuvre par les relais récepteurs sur l'autre circuit, comme s'ils étaient actionnés par un opérateur; en d'autres termes, les 6 circuits distincts, établis par l'appareil synchronique entre Boston et Providence, étaient disposés de façon à former en realité un fil continu déroulé 6 fois, entre Boston et Providence, avec chacune de ses extrémités libres à Boston.

M. Delany lança alors un message à travers le circuit n° 1, de Boston à Providence. Ce message fut automatiquement retransmis, de Providence à Boston, sur le circuit n° 3; de nouveau transmis automatiquement, de Boston à Providence, sur le circuit n° 3 ; ensuite retransmission automatique, de Providence à Boston, sur le circuit n° 4; de nouveau retransmis automatiquement de Boston à Providence sur le circuit n° 5 et enfin retransmis, de Providence à Boston, sur le circuit n° 6. En d'autres termes, le message transmis de Boston par le premier circuit, alla à Providence, revint à Boston, parvint de nouveau à Providence et revint à Boston. Il parvint de nouveau à Providence et retourna à Boston, station finale où il fut clairement lu par un opérateur sans l'omission du moindre caractère ou le plus léger défaut de clarté dans sa transmission initiale et sans l'aide de personne, à l'exception de l'opérateur transmettant le message au circuit n° 1, à Boston, et de l'opérateur qui le recevait au circuit n° 6, à Boston. Tout ceci fut accompli à l'aide d'un seul et unique câble, de sorte que le message parcourut, aller et retour entre les deux cités, environ 300 milles ou 6 fois la distance entre les deux cités.

Un coup d'œil jeté sur le dessin (page 502) rendra les explications précédentes plus claires.

Les instruments distributeurs synchronisés A et B, situés respectivement à Boston et à Providence, sont reliés par la ligne principale et unique *q*, *q*. La ligne est divisée en 6 circuits que nous nommerons respectivement nos 1, 2, 3, 4, 5 et 6. Dans le but de rendre plus claires les connexions, ces 6 circuits ont été chacun représentés avec des instruments distributeurs synchronisés. Il reste cependant entendu qu'il reste qu'une seule ligne principale Q, Q, entre les deux villes; elle n'existe que pourvue de deux distributeurs, l'un A à Boston et l'autre B à Providence.

Ceci posé, l'examen du dessin montrera que la pile principale M B à Boston, divisée et mise à la terre en X, est reliée aux nos 1, 3 et 5 transmetteurs, qui sont respectivement reliés aux sextuples circuits, partant les nos 1, 3 et 5 de la ligne principale et unique Q, Q. A Providence, la pile principale M′ B′, divisée et mise à la terre en Z, est reliée aux nos 2, 4 et 6 transmetteurs, qui eux-mêmes sont respectivement mis en communication avec les nos 2, 4 et 6 des circuits sextuples de la ligne principale et unique *q*, *q*.

A Providence, le no 1 receveur est relié avec le transmetteur du circuit no 2, de telle sorte qu'un message envoyé de Boston par le transmetteur no 1 serait reçu par le relais receveur no 1 à Providence, quand, par le moyen d'une pile locale L, B, le message serait répété par le transmetteur no 2 et envoyé à Boston à travers le sextuple circuit no 2 de la ligne principale *q*, *q*. Ce message serait reçu à Boston par le relais receveur no 2 quand, au moyen d'une pile locale L B reliée avec le relais receveur no 2, il serait automatiquement répété par le transmetteur no 3 à Boston, à travers le sextuple circuit no 3 de la ligne principale Q, Q à Providence; à cet endroit, il serait recueilli par le relais receveur no 3. Ce relais à son tour, au moyen d'une pile locale qui est en communication avec lui, transmet automatiquement le message par le transmetteur no 4 à travers le sextuple circuit no 4 de la ligne principale *q*, *q*, jusqu'à Boston, où il est reçu par le relais receveur no 4. A son tour ce relais, au moyen d'une pile locale L B, répète le message automatiquement au transmetteur no 5 à travers le sextuple circuit no 5 de la ligne principale *q*, *q*, jusqu'à Providence, où il est reçu par le relais récepteur no 5. Enfin ce relais à son tour, par l'entremise d'une pile locale L, B, répète automatiquement le message au transmetteur no 6 à travers le circuit no 6, jusqu'à Boston où il est reçu par le relais receveur no 6 par un opérateur placé à l'appareil Morse communiquant avec le relais. Ce relais receveur est en réalité indiqué sur le dessin comme étant relié au transmetteur no 1, à Boston. Le but de cette connexion sera expliqué plus loin.

En résumé, la course suivie par le message dans ses trajets en allant et en venant entre les deux villes est le suivant :

De Boston, par le transmetteur n° 1 à travers la ligne principale, au relais receveur n° 1, à Providence.

De Providence, répétition automatique au transmetteur n° 2 et envoi à travers la ligne principale au moyen du circuit sextuple n° 2, au relais receveur n° 2, à Boston.

De Boston, répétition automatique au transmetteur n° 3 et envoi à travers la ligne principale, au moyen du circuit sextuple n° 3, au relais receveur n° 3, à Providence.

De Providence, répétition automatique au transmetteur n° 4 et envoi à travers la ligne principale, au moyen du circuit sextuple n° 4, au relais receveur, à Boston.

De Boston, répétition automatique au transmetteur n° 5 et envoi à travers la ligne principale, au moyen du circuit sextuple n° 5, au relais receveur n° 5, à Providence.

Enfin, de Providence, répétition automatique au transmetteur n° 6 par la ligne principale, au moyen du circuit sextuple n° 6 à l'appareil receveur n° 6, à Boston, où il est recueilli par l'opérateur.

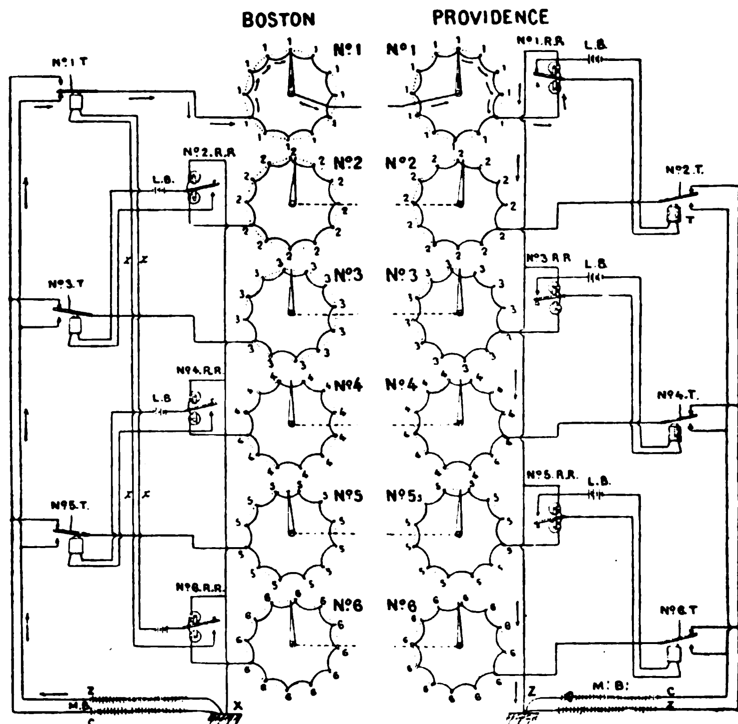
Il n'est pas nécessaire, comme semblerait l'indiquer le dessin, que les caractères reçus au groupe de segments formant le circuit n° 1 doivent forcément commencer à retourner au segment voisin du circuit n° 2. Supposons, par exemple, un caractère terminé sur les segments du circuit n° à l'endroit où le contact est indiqué sur le dessin. A l'instant où l'armature du relais a remué pour indiquer le caractère demandé et a placé le circuit n° 2 en communication avec la pile pour la transmission de retour, le contact tournant peut se trouver sur le second ou le troisième contact du circuit n° 2. Ceci n'aurait cependant aucune importance, car les deux aiguilles distributrices sont synchroniques tant que les aiguilles rotatives passent au-dessus de 2 ou 3 des segments du n° 2, tandis que l'armature de l'électro est en contact avec l'un des pôles de la pile.

Quand on considère qu'un message se compose de beaucoup de mots, que chaque mot contient de nombreuses lettres, que chaque lettre consiste en un nombre varié de caractères distincts et que chaque caractère, à l'aide du système synchronique multiple s'exécutant par de nombreux chocs, a été transmis avec certitude sur un seul et même fil à l'aller et au retour, un pareil nombre de fois, sans la moindre interruption dans l'un ou dans l'autre sens, le fait par lui-même dépasse toute croyance.

Bien que ces résultats paraissent presque incroyables, ce que je vais décrire peut, au premier abord, paraître impossible. J'essaierai

cependant de donner une description de l'expérience telle que je l'ai vu exécuter sous mes yeux. Le lecteur sera persuadé que, loin d'être impossible, la possibilité de cette expérience sera au contraire un résultat naturel du synchronisme si parfait obtenu par les ingénieuses inventions de M. Dalany.

Après avoir par l'essai actuel démontré victorieusement la possibi-



lité d'employer les appareils répéteurs dans son système synchronique, M. Delany a relié le relais du 6e circuit à Boston, où le message était reçu, avec l'appareil transmetteur du circuit n° 1. Maintenant, dans ces conditions, en faisant un point (.) sur l'appareil n° 1, ce point partit en zigzag, de Providence à Providence même, de la façon déjà décrite, seulement au lieu de finir au 6e circuit à Boston, comme dans l'expérience précédente, le même point (.) fut automatiquement retransmis dans le premier circuit et renvoyé de nouveau à ses pérégrinations entre les deux villes, pour être seulement à son arrivée au 6e circuit à Boston, de nouveau automatiquement transmis à travers sa route circulaire.

Au lieu de recevoir le message par un opérateur placé au relais

récepteur n° 6, cet instrument est pourvu d'une pile locale L B et relié au moyen du fil conducteur *z z* et *z' z'* avec l'appareil transmetteur n° 1, à Boston.

Aussi l'emploi de l'opérateur au relais receveur n° 6 est inutile, car ce relais receveur renvoie automatiquement le signal au moyen de l'appareil transmetteur n° 1 dans sa course en zigzag entre les deux villes, jusqu'à ce que le transmetteur n° 6 à Providence le renvoie de nouveau au relais receveur n° 6 à Boston, qui à son tour répète automatiquement, au moyen du transmetteur n° 1 à travers les 6 circuits entre les deux villes et ainsi de suite indéfiniment.

De cette manière, le signal initial passant de ville en ville à travers les différents circuits, opère un mouvement circulaire parfait sans l'intervention d'aucun autre opérateur, à l'exception de celui qui a donné le premier essor à ses courses sans fin.

En mesurant les intervalles de temps de retour du signal initial entre les deux villes à travers les circuits sextuples, on a observé qu'il a parcouru 300 fois en une minute tous ces circuits entre Boston et Providence.

Il a donc fait le trajet entre ces deux villes 1800 fois en une minute, faisant ainsi 1500 milles par seconde ou 90 000 milles par minute. Pendant les cinq minutes que ce point a voyagé, le signal initial dans ce court espace de temps n'a pas fait moins de 450 000 milles ou 18 fois le tour de la terre à l'équateur.

On comprendra naturellement que la majeure partie de ce temps a été prise par les mouvements automatiques des armatures des relais récepteurs et les leviers des instruments de transmission. Les chiffres ainsi obtenus fournissent des données intéressantes en ce qui concerne la rapidité, la précision et la certitude avec lesquelles ces masses de matière peuvent subir l'influence d'un courant électrique.

L'observateur, en présence du progrès de cette expérience, et en réfléchissant aux nombreuses et complexes conditions requises pour qu'elle s'accomplisse avec succès, ne peut manquer d'être impressionné par le nombre extrême des fils qu'elle emploie.

En pensant à l'extrême complexité de structure du message synchronique multiple et à la nécessité de maintenir pratiquement un synchronisme absolu entre les appareils de transmission et de réception à chaque extrémité de la ligne, l'auditeur éprouve presque malgré lui un sentiment d'incrédulité.

Ce voyage, à travers tous ces fils, doit sûrement manquer une de ses nombreuses étapes et, un point manqué, ses voyages sont à jamais interrompus.

Mais lorsqu'on entend les signaux se représentant avec leur régu-

larité automatique, comme jetés entre les cités par un puissant jongleur, quand on les entend dans l'air comme un murmure mystérieux se succéder trop rapidement pour permettre qu'une seule partie d'entre eux puisse être perçue avec fruit, on perd presque de vue les conditions actuelles de l'expérience, et on commence à douter vaguement que M. Delany n'ait point reçu une visite de Puck (un farfadet), qui se trouve confondu de la rapidité avec laquelle on le force à voyager. Et, lorsque les étranges répétitions du signal d'origine se succèdent avec une telle rapidité et une telle régularité qu'ils produisent une rumeur prolongée mais mystérieuse, nous sommes presque disposés à croire que ces bruits sont causés par les plaintes du Juif-Errant accomplissant sans trêve son interminable voyage!

(*Central High School Philadelphie*).

LES ACCUMULATEURS EN TÉLÉGRAPHIE

Au Congrès de l'Association britannique pour l'avancement des sciences, tenu à Montréal (Canada) en septembre dernier, M. W.-H. Preece, F. R. S., a donné des renseignements fort intéressants sur l'emploi des accumulateurs dans les grands bureaux télégraphiques, renseignements que nous allons résumer pour nos lecteurs.

Après avoir passé en revue les essais faits à diverses époques pour substituer les machines aux piles dans les bureaux télégraphiques, M. Preece s'occupe des sept principaux bureaux télégraphiques d'Angleterre, dans lesquels on fait déjà usage de machines à vapeur pour actionner le réseau pneumatique.

Le plus important de ces sept bureaux est le poste central de Londres, qui emploie à lui seul six fois plus d'éléments que chacun des autres bureaux.

En mars 1884, il y avait un total de 687 circuits rayonnant de ce bureau central dans les principaux bureaux de l'Angleterre, l'Irlande, l'Écosse et le pays de Galles; ces différents circuits exigeaient des courants dont l'intensité varie entre 14 et 80 milli-ampères. En additionnant les intensités nécessitées par chaque appareil, on trouve qu'ils demandent en tout environ 20 ampères. Ces 687 circuits emploient 20 000 éléments dont la force électromotrice totale représente près de 28 000 volts, soit 40,75 volts en moyenne par circuit. Ces chiffres montrent que l'énergie totale dépensée pour le service

représente une puissance totale de 815 watts, soit 1,1 cheval-vapeur, ou 16 dix-millièmes de cheval-vapeur par circuit.

En faisant le calcul du prix de revient des piles et d'une machine dynamo, actionnant un certain nombre de circuits qui exigent tous sensiblement la même force électromotrice, on trouve une économie relativement considérable en faveur de l'emploi de la machine.

M. Preece accorde cependant la préférence aux piles à cause de leur plus grande facilité de subdivision, des commodités d'emploi, et, enfin, parce que, en cas d'incendie, il ne serait pas aussi commode et aussi rapide de rétablir les communications qu'à l'aide de piles.

D'ailleurs, la dépense totale relative aux piles est si minime, considérée par rapport au reste des dépenses de matériel et d'entretien du réseau télégraphique, qu'elle peut être négligée. La question de commodité et de facilité d'emploi prime ici la question d'économie.

Les accumulateurs ont été essayés pour la première fois avec 8 éléments Faure-Sellon-Volckmar, type de 1/2 cheval-heure travaillant sur un système comportant 31 circuits distincts et séparés. Ils ont fonctionné sept semaines d'une manière continue sans le moindre accroc et sans le moindre entretien. On les a ensuite remplacés par 8 éléments Tribe qui, dans les mêmes conditions, ont fonctionné pendant cinquante jours et deux heures. Après épuisement, ces 8 éléments Tribe ont été rechargés en les reliant à un dynamo qui leur a fourni un courant de 3 ampères pendant quarante-huit heures consécutives, sans autre surveillance qu'un coup d'œil jeté de temps en temps.

Après cette charge, ils purent fournir un service de cinquante-huit jours, et, après une troisième charge, ils fonctionnèrent pendant sept semaines, toujours dans les mêmes conditions.

Leur allure en service était si régulière et si satisfaisante qu'on n'a pas eu besoin de les examiner, si ce n'est un jour ou deux avant leur épuisement.

Deux éléments Tribe de même grandeur, actionnant un parleur en local et remplaçant 5 éléments Daniell du plus grand modèle, ont fonctionné huit semaines sans le moindre accident.

Une dernière expérience faite avec 12 accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar, actionnant 15 circuits, a duré quinze semaines, ce qui, en excluant les dimanches, représente quatre-vingt douze jours de travail effectif.

Ces 12 accumulateurs ont été remplacés par 15 piles au bichromate de potasse à deux liquides, et l'on a soigneusement surveillé l'usure et la marche de ces éléments pendant une période égale.

Les accumulateurs ont travaillé quatre-vingt-douze jours avec une moyenne de douze heures par jour, en fournissant un courant moyen de 1/2 ampère, soit 552 ampères-heure pour le temps total.

D'après ce qu'on vient de voir, il est évident que les accumulateurs deviendront bientôt les plus économiques des trois espèces de générateurs électriques propres à la télégraphie.

Il n'y a avec eux ni perte ni ennui dû à la diffusion des liquides, comme dans les piles primaires, et ils présentent toutes les qualités nécessaires au service des grands bureaux. Il est possible de les utiliser pour le service télégraphique, même pendant qu'ils sont en charge. La seule précaution à prendre est, dans le cas d'un court circuit produit accidentellement, d'établir des coupe-circuit qui protègent les appareils et qui empêchent de faire fondre la gutta-percha des fils qui relient la salle des piles à la salle des appareils. Ce résultat pourrait d'ailleurs être obtenu en construisant des accumulateurs de résistance convenable[1].

Enfin, il est bon de noter que la charge d'acide n'a jamais besoin d'être renouvelée. Il suffit de fournir une nouvelle charge électrique aux accumulateurs pour qu'ils soient aussitôt prêts à fonctionner de nouveau.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES NAVIRES

Tel est le titre d'une communication très intéressante faite le 11 novembre dernier par M. Andrew Jamieson à l'institution des ingénieurs civils de Londres et que nous allons résumer d'après le procès-verbal de la séance.

L'auteur commence à établir que, bien que la première application de l'incandescence à l'éclairage général des navires ne date que de trois années à peine, les avantages de cette application ont été si généralement reconnus, que plus de 150 vaisseaux ont déjà été équipés avec ce système et qu'aucun navire de guerre ni aucun paquebot de première classe ne quitte plus les chantiers de construction sans être muni de l'éclairage électrique.

[1] Nous croyons que l'emploi d'accumulateurs très-résistants ne permettrait pas de réaliser aussi commodément l'indépendance absolue des circuits, indépendance résultant précisément de la faible résistance intérieure des accumulateurs, grâce à laquelle la différence de potentiel aux bornes reste sensiblement constante, quel que soit le nombre de circuits alimentés.

Le succès est principalement dû aux causes suivantes :

1° L'éclairage électrique par incandescence, bien établi, est plus sain, plus froid, plus facile à manœuvrer et plus artistique que tout autre système; il ne dégage pas d'odeur ni de produits de combustion susceptibles de détériorer les dorures.

2° Le danger d'incendie est moindre, puisqu'il n'exige ni allumettes, ni torches d'allumage quelconques.

3° Le nettoyage et le remplissage journalier des lampes, aussi bien que le transport d'une provision de matières très inflammables, telles que l'huile, la paraffine, les bougies, etc., sont à peu près complètement évités.

4° La dépense d'entretien n'est pas supérieure à celle des autres modes d'éclairage (elle est moindre dans certains cas); l'espace occupé par les machines est restreint, et son installation près de la salle des machines ou dans cette salle même ne cause aucune gêne aux passagers.

Comme la dynamo génératrice doit tourner à une vitesse constante, on ne peut l'actionner ni par la machine motrice du navire, ni par le petit-cheval d'alimentation; on doit alors l'atteler à un moteur spécial placé, le plus souvent, sous la surveillance du mécanicien chargé de la machine motrice. Dans les grandes installations, cependant, on la place dans l'entrepont, dans la salle même ou à proximité de la salle où est installée la machine à glace, de sorte que le même employé peut surveiller à la fois ces deux nouvelles applications.

Chaque fois que cela sera possible, les axes des machines dont les pièces mobiles sont grandes et lourdes devront être placés dans la direction d'avant en arrière, pour éviter, autant que faire se peut, les effets des actions gyrostatiques, puisque la vitesse angulaire due au roulis est toujours plus grande que celle due au tangage.

L'auteur donne les formules de M. William Thomson permettant de calculer ces effets, avec exemples à l'appui, et montre les pressions produites sur les coussinets de la dynamo, dans différentes circonstances, par l'action gyrostatique.

En choisissant une dynamo, il est nécessaire de déterminer si elle satisfait ou non aux conditions suivantes :

1° Développer une force électromotrice appropriée à un type de lampe donné pour une vitesse donnée;

2° Elle doit être *auto-régulatrice*, c'est-à-dire que, pour une vitesse donnée, la différence de potentiel aux bornes doit rester constante à 5 pour 100 près, quel que soit le nombre de lampes alimentées, depuis un jusqu'au maximum.

Il est même préférable d'avoir une petite chute lorsque le nombre de lampes diminue.

3° Les balais ne doivent pas donner d'étincelles.

4° Il ne doit pas y avoir d'échauffement insolite dans aucune de ses parties, quel que soit le nombre de lampes en service.

5° La conductibilité du cuivre doit être au moins égale à 96 pour 100 de celle du cuivre pur.

6° La résistance d'isolement de l'armature et des électros ne doit pas être moindre de 10 000 ohms par volt développé à la vitesse normale. La dynamo doit être essayée mécaniquement et électriquement avant d'être arrimée, et, une fois en place, elle doit être soumise à une dernière épreuve d'une durée d'au moins six heures, avec sa propre machine et toutes lampes allumées. Par suite du désir exprimé généralement d'avoir de faibles vitesses, plusieurs des meilleures formes de dynamos, Siemens, Edison, Edison-Hopkinson, Victoria, Ferranti-Thomson et Pilsen-Schuckert, ont été spécialement modifiées pour produire les éléments électriques exigés à des vitesses variant entre quatre cents et six cent cinquante tours par minute.

Le succès d'une installation à bord d'un navire dépend autant de la machine motrice que de la dynamo, et l'on doit chercher soigneusement un type qui demande peu de soins et soit peu exposé aux accidents. La machine doit pouvoir commander la dynamo pendant toute la durée d'un voyage en Australie, aller et retour, sans avoir besoin d'être démontée. La demande de ces machines, surtout des machines à commande directe, a conduit à la création d'un grand nombre de variétés de types, dont plusieurs sont d'une construction excellente et étudiée dans chaque détail. On a souvent reconnu l'utilité de pouvoir prendre la vapeur, soit sur les chaudières principales, soit sur celle des treuils et du petit-cheval, de façon à pouvoir s'éclairer aussi bien dans le port qu'en pleine mer. Cette exigence spéciale a conduit à créer des types de dimensions suffisantes pour fonctionner sous la pression la plus faible.

Le régulateur de vitesse est un accessoire des plus importants dans ces machines. Il doit être assez sensible et rapide dans son action pour maintenir la vitesse constante à 5 pour 100 près, avec des charges qui varient du simple au décuple et des pressions qui changent de près d'une atmosphère. Un régulateur mécanique ne peut satisfaire à toutes ces conditions, et il a fallu combiner un régulateur électrique qui ouvre et ferme automatiquement la value d'admission en synchronisme parfait avec le travail à effectuer, et maintienne cette valve dans la dernière position prise, jusqu'à ce qu'il se produise une nouvelle variation dans la pression de la vapeur ou l'énergie électrique

développée par la dynamo. L'auteur montre comment le problème a été résolu à l'aide de son *gouverneur* électrique.

Il décrit ensuite en détail les différents moyens qui permettent de commander les dynamos à bord des navires, courroies, cordes, engrenages, machines directes à grande vitesse, etc.; il indique les méthodes employées pour la pose des fils, en citant comme exemples les installations types des steamers *Adélaïde* et *Arawa*, ainsi que la règle pratique dont il se sert pour calculer les dimensions des conducteurs.

La résistance d'isolement est trop souvent négligée par les ingénieurs installateurs de lumière électrique. Tandis que les ingénieurs attachés au service des câbles sous-marins considèrent la résistance d'isolement comme une question capitale, et la déterminent avec le plus grand soin, non seulement pendant la fabrication du câble, mais pendant et après son immersion, les ingénieurs de lumière électrique, au contraire, ne mesurent cette résistance d'isolement que très rarement et souvent ne savent même pas comment la mesurer, soit pour la dynamo, soit pour les conducteurs. L'auteur décrit les formes les plus convenables de commutateurs, coupe-circuit, électroliers, lanternes et globes. Il termine par des considérations sur les projecteurs adoptés sur les navires de guerre et sur l'application de l'arc voltaïque aux opérations de sauvetage et à la pêche.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 10 novembre 1884.

Note sur l'aérostat dirigeable de MM. Renard *et* Krebs. — Par M. Hervé Mangon. (Renvoi à la Commission des Aérostats.)

Je suis heureux de pouvoir informer l'Académie que MM. les capitaines Renard et Krebs viennent d'exécuter avec un plein succès, dans la même journée, deux nouvelles ascensions à l'aide de leur ballon dirigeable.

L'aérostat s'est élevé samedi dernier, 8 novembre, à midi un quart, de l'atelier de Chalais-Meudon. Il s'est dirigé en ligne droite vers le

nord inclinant à l'est. Il a traversé le chemin de fer, un peu au-dessus de la station de Meudon, puis les deux bras de la Seine légèrement en aval des ponts de Billancourt. Arrivés au-dessus du village de ce nom, MM. Renard et Krebs ont arrêté l'hélice pendant un instant pour mesurer la vitesse du vent. Dans cette première partie du voyage, le vent soufflait à raison de 8 kilomètres à l'heure, le navire aérien marchait contre le vent avec une vitesse absolue de 23 kilomètres à l'heure et, par conséquent, avec une vitesse effective de 15 kilomètres.

L'hélice ayant été remise en mouvement, le ballon, gouvernant à droite, a décrit au-dessus de Billancourt un demi-cerle de 160 mètres de diamètre environ, puis a suivi une trajectoire parallèle à la première, pour venir atterrir sur la pelouse d'où il était parti.

Vers trois heures, le même jour, le ballon s'est élevé de nouveau. La brume qui couvrait les plateaux empêchait de voir à plus de 10 mètres et ne permettait pas de s'éloigner sans courir le risque de perdre de vue le point d'atterrissement. MM. Renard et Krebs, dans ce second voyage, se sont donc bornés à exécuter autour de l'atelier de nombreuses manœuvres avec vent debout, vent de côté et vent arrière. Tantôt arrêtant l'hélice pour se laisser entraîner, tantôt la remettant en mouvement et reprenant immédiatement leur route, pour revenir, après trente-cinq minutes d'expérience, redescendre au point de départ.

Ainsi que j'avais eu l'honneur de le dire devant l'Académie, quelques jours après la mémorable ascension du 9 août, le problème de la direction des ballons est aujourd'hui *pratiquement résolu*. Les plus sceptiques ne peuvent plus élever un doute. La France possède dès aujourd'hui un petit navire de l'air; elle fera construire, dès qu'elle le voudra, le vaisseau de ligne de l'océan aérien.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, un Recueil de documents concernant l'application de la lumière électrique à l'éclairage des navires passant par le canal de Suez. (Présenté par M. de Lesseps.)

Séance du 17 novembre 1884.

Démonstration expérimentale de l'inversion de la force électromotrice du contact fer-cuivre à température élevée. — Note de M. F.-E. Le Roux. (Renvoi à la section de physique.)

Le physicien français Peltier a reconnu que la jonction de deux

métaux hétérogènes s'échauffe ou se refroidit suivant qu'elle est traversée par un courant dans un sens ou dans l'autre.

M. Edm. Becquerel remarqua plus tard que, si l'on compare ces effets thermiques au sens du courant produit par le couple des mêmes métaux, en vertu de la différence de température de deux soudures, ce courant a généralement pour effet de refroidir la jonction chaude et de réchauffer la froide.

La même année, M. Helmholtz, dans son célèbre mémoire *Sur la conservation de la force*, rattachait ces mêmes effets à la thermodynamique, en supposant toutefois que, dans les couples thermo-électriques, l'application de la chaleur ne fait naître de forces électromotrices qu'aux jonctions. Ce fut Sir William Thomson qui remarqua qu'une telle supposition se trouvait en contradiction avec les principes de la thermodynamique au moins pour les couples sujets à inversion, tels que le couple fer-cuivre. Il en conclut que dans la masse même de chacun des métaux doivent exister des forces électromotrices prenant naissance entre les tranches successives, en raison de leurs différences infiniment petites de température.

Dans un travail publié en 1867, et auquel l'Académie a bien voulu donner son approbation, j'ai fourni un grand nombre de métaux usuels, des mesures relatives de ces forces électromotrices. Pour abréger, je les appellerai *de genre Thomson*, celles qui existent aux jonctions étant dites *de genre Peltier*.

J'ai donné aussi des valeurs absolues de celles-ci, entre 0 et 25 degrés, déduites d'observations calorimétriques, les premières et, je crois, les seules qui aient été faites sur ce sujet. Mais il n'a pas été possible de faire la part entre les forces du genre Thomson et celles du genre Peltier, même aux températures ordinaires.

Dans le couple fer-cuivre, par exemple, il se pourrait aussi bien que l'inversion fût produite par le changement de signe de la force électromotrice à la jonction chaude, que par une variation convenable des forces électromotrices des deux genres. A la vérité, la théorie des courants thermo-électriques donnée par Sir William Thomson, ou la théorie équivalente de M. Tait, conduisent à cette conclusion qu'il y a bien inversion de la force électromotrice à la jonction chaude, quand la température dépasse une certaine limite. Les dimensions de cette Note ne comportent pas une exposition, même succincte, de ces théories ; je ne saurais mieux faire que de renvoyer à l'excellente analyse qu'en donnent MM. Mascart et Joubert, dans leurs *Leçons sur l'électricité et le magnétisme*. Le seul point que je veuille en retenir, c'est qu'elles s'appuient à la fois sur les principes de la thermodynamique et sur des résultats expérimentaux qui ne correspondent qu'à

une portion relativement assez restreinte de l'échelle des températures.

Telles sont les considérations qui m'ont paru rendre particulièrement intéressante la détermination directe du sens de la force électromotrice du contact fer-cuivre, à des températures voisines de la fusion du second de ces deux métaux. Le procédé expérimental que j'ai employé est celui de la constatation du sens de l'effet Peltier, produit par un courant de sens connu. Étant donnés deux contacts fer-cuivre, traversés en sens contraire par un même courant, il s'agissait d'apprécier le sens de la différence de leurs températures. Cette différence est sensiblement proportionnelle aux quantités de chaleur absorbée et dégagée aux deux jonctions, quantités qui peuvent s'évaluer par le produit de l'intensité du courant par la force électromotrice inconnue. Celle-ci n'est certainement qu'une faible fraction de volt; il était donc nécessaire d'avoir une grande intensité de courant. Celle que j'ai pu réaliser était en moyenne de 350 ampères, et dans ces conditions l'effet thermique aux jonctions ne devait pas atteindre un centième de calorie par seconde.

Restait à trouver un moyen thermométrique, ou plutôt thermoscopique, compatible avec l'élévation considérable de la température. J'ai pu utiliser, dans ce but, la variation rapide de la fonction de la température qui exprime l'intensité de la lumière émise par les corps incandescents. Aux environs de 1000 degrés, les deux jonctions fer-cuivre ont pu présenter des différences d'éclat assez sensibles pour être appropriées à l'œil. J'ai pu aussi manifester les mêmes différences par l'impression photographique sur plaques au gélatino-bromure.

Le passage du courant échauffe aussi les conducteurs, suivant la loi de Joule, c'est-à-dire en raison inverse de leur section et proportionnellement au carré de son intensité. Pour que cet effet ne jetât pas de perturbation dans les phénomènes à obtenir, il fallait d'abord que la section fût assez grande pour rendre l'échauffement peu sensible, et aussi que chaque métal eût bien exactement sur toute sa longueur la même section, sans quoi cet échauffement se fût fait sentir inégalement sur les deux branches du couple dont on se proposait de comparer les éclats. En tous cas, on s'assurait toujours que le renversement du courant faisait bien changer le sens de la différence des éclats.

J'ai employé divers circuits fer-cuivre, dans lesquels le fer était un barreau carré de $0^{m},25$ environ de longueur, ayant de $0^{m},015$ à $0^{m},018$ de côté; ce barreau de fer était replié en fer à cheval; dans les extrémités s'implantaient des tiges de cuivre, de $0^{m},009$ environ de diamètre. Le tout était renfermé dans un moufle chauffé au gaz et percé d'une ouverture permettant l'observation. Dans l'un des modèles mis en expérience que j'ai l'honneur de mettre sous les yeux de l'Académie,

j'avais recouvert de lames de platine les faces dont j'observais l'incandescence, afin d'éviter que le rayonnement fût modifié par la couche d'oxyde qui se forme à la surface du fer.

Les déterminations que j'ai faites dans plusieurs séries d'expériences, avec quelques variantes dans l'installation des appareils, et, par surcroît de précaution, en invoquant l'appréciation de témoins ne pouvant avoir aucune idée préconçue sur le sens du phénomène, m'ont permis de conclure que, vers la température de 1000 degrés, un courant marchant du cuivre au fer échauffe la jonction, tandis qu'il la refroidit à la température ordinaire.

Ainsi se trouve expérimentalement constaté, pour la première fois, le changement de signe de la fonction de la température qui représente la force électromotrice de contact entre deux métaux, et il y a lieu de supposer que la notion de ce fait peut intéresser non seulement la théorie de la thermo-électricité, mais aussi celle de certains phénomènes chimiques.

Sur les lois du frottement. — Note de M. Marcel Deprez

La partie purement mécanique d'une des machines réceptrices destinées à l'expérience de transmission électrique de la force, qui aura lieu prochainement entre Creil et Paris, ayant été terminée il y a quelques jours, j'ai dû procéder à sa réception, c'est-à-dire constater qu'elle pouvait tourner à la vitesse de six cents tours par minute, pendant une journée entière, sans qu'il en résultât aucun échauffement. Cette condition ayant été remplie, je voulus mesurer approximativement le travail absorbé par les résistances passives, qui sont, en très grande partie, représentées par le frottement des axes dans leurs coussinets. Pour cela, je fis attacher à la poulie de la machine une courroie à laquelle on suspendit des poids croissants, jusqu'à ce que la machine entrât en mouvement. On constata de cette manière qu'un poids de 155 kilogrammes, agissant tangentiellement sur une poulie $0^m,45$ de diamètre, était à peine suffisant pour maintenir la machine en mouvement lorsqu'on l'avait lancée avec une très faible vitesse. Le diamètre des tourillons étant de $0^m,12$ et le poids des pièces mobiles de 3800 kilogrammes, il est facile de s'assurer que le coefficient de frottement est à très peu de chose près égal à 0,15 et que le travail résistant dû à ce frottement s'élève à 220 kilogrammes lorsque l'axe de la machine fait une révolution. La vitesse normale devant être de 400 tours par minute, il résulte de ces nombres que le frottement absorberait environ 20 chevaux. Ce résultat, rapproché de ceux que l'on constate journellement dans l'industrie

des chemins de fer, où le coefficient de frottement des fusées s'abaisse pour la vitesse des trains de marchandises à 0,015, me parut si mauvais que je voulus le soumettre à un contrôle décisif. N'ayant pas de dynamomètre à ma disposition, j'employai la méthode suivante. Je fis imprimer à la machine une vitesse croissante, et au moment où cette vitesse atteignit environ 600 tours par minute, je donnai l'ordre de faire tomber la courroie qui la mettait en mouvement; puis, un compteur de tours ayant été appliqué sur l'arbre de la machine, je fis noter très exactement, de trente en trente secondes, les nombres de tours faits par la machine.

On obtint ainsi le tableau suivant :

Temps marqué par le chronomètre.	Nombre de tours marqué par le compteur.	Vitesse moyenne pendant 30 secondes.	Différ. sec.	Temps marqué par le chronomètre.	Nombre de tours marqué par le compteur.	Vitesse moyenne pendant 30 secondes.	Différ. sec.
s.				s.			
0	0	275		600	3486	107	5
30	275	260	13	630	3588	102	5
60	535	246	14	660	3685	97	5
90	781	232	14	690	3777	92	4
120	1013	219	13	720	3865	88	4
150	1232	207	12	750	3949	84	4
180	1439	196	11	780	4029	80	4
210	1635	186	10	810	4105	76	3
240	1821	177	9	840	4178	73	3
270	1998	169	8	870	4248	70	3
300	2167	161	8	900	4315	67	3
330	2328	154	7	930	4379	64	3
360	2482	147	7	960	4440	61	4
390	2629	140	7	990	4497	57	4
420	2769	133	7	1020	4550	53	5
450	2902	127	6	1050	4598	48	6
480	3029	121	6	1080	4640	42	9
510	3150	117	4	1110	4673	33	9
540	3267	112	5	1140	4697	24	
570	3379	107	5	1154	4702	Arrêt.	
600	3486						

Ce tableau nous fait connaître le nombre de tours en fonction du temps, et il est facile d'en déduire l'accélération angulaire et, par suite, le couple retardateur dû au frottement.

Désignons par

P le poids total des masses en mouvement ;

ρ leur rayon de giration;

ω la vitesse angulaire à l'époque t ;

K le travail résistant développé par le frottement pendant un tour entier;

r le rayon des tourillons;

f le coefficient de frottement.

Nous aurons les relations suivantes :

$$K = \frac{2\pi}{Q} P\rho 2 \frac{d^2\omega}{dt^2}, \quad f = \frac{\rho^2}{Qr} \frac{d^2\omega}{dt^2}.$$

Dans la machine qui nous occupe, les masses en mouvement se réduisent, à très peu de chose près, à deux disques homogènes en fonte de $1^m,10$ de diamètre, pesant ensemble 3500 kilogrammes; l'axe en acier pèse 500 kilogrammes, mais son moment d'inertie est tout à fait négligeable par rapport à celui des disques. Le rayon des tourillons est de $0^{mc},06$.

En raison de la lenteur avec laquelle la vitesse décroît, on peut, sans commettre d'erreur sensible, remplacer les différentielles par les différences finies, de sorte que, en définitive, on peut dire que le coefficient de frottement est proportionnel aux différences secondes inscrites dans la quatrième colonne du tableau. Or, et c'est là le fait capital qui ressort de cette expérience, ces différences secondes varient depuis 15 jusqu'à 3. Ainsi donc, dans l'expérience citée, le coefficient de frottement a diminué avec une grande régularité en même temps que la vitesse, de telle sorte que sa valeur a varié dans le rapport de 5 à 1, tandis que la vitesse tombait de 550 à 145 tours par minute. De 145 à 120 tours par minute, il est resté sensiblement constant, pour augmenter de nouveau très rapidement à mesure que la vitesse tendait vers zéro. Quant à la valeur absolue de ce coefficient, elle est de 0,025 pour la vitesse de 550 tours par minute et de 0,005 pour la vitesse de 145 tours.

Quelque étonnant que ce chiffre puisse paraître au premier abord, il me paraît hors de contestation, étant donnée l'extrême régularité avec laquelle se suivent les lectures faites au compteur de tours, et ce fait que la machine a tourné pendant dix-neuf minutes et quatorze secondes avant de s'arrêter, faisant ainsi 47000 tours pour épuiser la force vive initiale. Le coefficient de frottement *moyen* déduit de ces derniers nombres serait égal à 0,013.

Construction d'étalons prototypes de l'ohm légal.

Par M. J.-René Benoit.

Après la décision de la Conférence internationale de 1884 qui a défini la valeur de l'*ohm légal,* M. le ministre des postes et télégraphes

m'a fait l'honneur de me demander de construire quelques étalons de mercure représentatifs de cette nouvelle unité. Je me trouvais préparé à accepter cette mission par la part de collaboration que j'avais prise à une recherche plus générale, sur l'unité de résistance électrique, à laquelle M. Mascart avait bien voulu m'associer, avec M. de Nerville[1]. Le travail est aujourd'hui terminé au bureau international des poids et mesures; grâce à la bienveillante autorisation du Comité international qui a la haute direction de cet établissement, j'ai pu mettre à contribution les ressources qui s'y trouvaient réunies sous ma main, et disposer, non seulement d'une collection d'instruments de précision de premier ordre, mais encore de termes de comparaison, pour les mesures de longueurs et de poids, bien déterminés et de valeurs exactement connues par rapport aux prototypes fondamentaux. J'ai profité de ces conditions exceptionnellement favorables pour chercher à atteindre, dans toutes les parties de cette étude, les dernières limites d'exactitude compatibles avec la nature de la question.

Je me suis, avant tout, proposé de construire des étalons *qui eussent exactement la valeur de l'unité*. A cet effet, j'ai étudié des tubes trop longs; j'ai déterminé ensuite, par le calcul, les points auxquels ils devaient être coupés pour satisfaire à cette condition; et, enfin, en procédant avec de minutieuses précautions, par des retouches successives alternant avec des comparaisons avec un étalon de longueur connue, j'ai fait passer les sections extrêmes par les points ainsi définis. Les tubes employés, bien dressés au préalable, avaient la grosseur d'une tige thermométrique ordinaire, une longueur de $1^m,20$ et une section intérieure de 1 millimètre carré à peu près, aussi régulière que possible. Sur ces tubes on avait gravé une division millimétrique, sur une longueur de $1^m,05$.

Le calcul de la résistance d'une colonne de mercure exige la connaissance de la forme intérieure du tube de verre qui la contient, de sa capacité et de sa longueur.

En ce qui concerne la forme intérieure des tubes, j'ai déterminé les *corrections de calibre*, ainsi que cela se pratique pour les thermomètres de premier ordre, et je me suis arrangé de manière à faire entrer ces corrections dans le calcul de la résistance. Le calibrage a été exécuté, entre les divisions 0 et 1050, de 50 en 50 divisions, au moyen de 20 colonnes de mercure successivement introduites dans le tube, et dont les longueurs étaient respectivement de 50 millimètres, 950 millimètres, 1000 millimètres à peu près. Ce calibrage principal a été complété par deux calibrages complémentaires, de

[1] *Comptes rendus*, t. XCVIII, p. 1034.

10 en 10 divisions, pour les 10 premiers et les 10 derniers centimètres, afin d'obtenir, plus sûrement que par une interpolation, les corrections des points voisins des extrémités, corrections qui ont, à certains points de vue, une plus grande importance, et jouent un rôle spécial dans le calcul des longueurs des colonnes employées au jaugeage des tubes.

Ce jaugeage a été fait par la pesée de colonnes de mercure mesurées à zéro dans le tube, et correspondant à une fraction de sa capacité déterminée par le calibrage précédent.

Aux mesures de longueurs proprement dites, il a été nécessaire d'ajouter l'examen des échelles gravées sur les tubes, tant au point de vue de l'équidistance de leurs divisions qu'à celui de leur valeur absolue. On s'est servi pour ces études du *Comparateur universel* du bureau. Des précautions particulières étaient nécessaires pour obtenir la longueur exacte des tubes, après qu'on les a eu coupés et rodés progressivement, de manière à les amener aussi exactement que possible aux dimensions données par le calcul.

Enfin, comme les réductions à zéro de ces dernières observations impliquaient la connaissance de la dilatation des tiges de verre employées, j'ai mesuré cette dilatation pour les deux sortes de verre (verre vert ou *dur* et cristal à base de plomb) dont sont formés les étalons, par vingt séries de comparaisons avec l'une des règles de platine irridié du bureau les mieux déterminées, à des températures variant entre 0 et 38 degrés environ.

Les tubes pénètrent par leurs extrémités dans de larges flacons à tubulure, pleins de mercure, et destinés à les intercaler dans un circuit. Ce mode de communication introduit, comme on le sait, une résistance additionnelle particulière qui se calcule d'après le diamètre du tube.

J'ai construit ainsi quatre étalons, dont les résistances *théoriques*, calculées d'après l'étude géométrique des tubes, faite comme je viens de l'indiquer (en y comprenant la résistance de communication par le flacon), sont, en ohms légaux :

	ω
Étalon I.	$R_0 = 0,999999$
— II	1,000004
— III.	0,999979
— IV..	0,999994
Moyenne.	0,999994

Ces quatre étalons ont été comparés plusieurs fois entre eux, électriquement, dans toutes les combinaisons possibles. J'ai été aidé, dans cette partie du travail par M. de Nerville, qui a répété toutes les comparaisons et m'a assisté dans l'ajustement des copies dont il sera

question tout à l'heure. Si l'on *admet* que les erreurs de construction commises sur chacun des quatre étalons se compensent, et, par suite, que la valeur moyenne 0,999994 est exacte, leurs résistances *réelles* à zéro seraient, d'après le résultat moyen de toutes nos observations :

Étalon	I.	R_0 = 1,000017
—	II.	0,999996
—	III	0,999960
—	IV	1,000003
	Moyenne.	0,999949

Les différences entre ces nombres et les précédents représenteraient les erreurs de construction commises sur chacun des étalons. La plus forte atteindrait environ $\frac{2}{100000}$ d'ohm, et le résultat moyen pourrait être considéré comme exact à $\frac{1}{100000}$ d'ohm à peu près.

Ces étalons fondamentaux sont très fragiles, incommodes pour la pratique habituelle et peu propres à des opérations fréquemment répétées. J'ai construit, en outre, un certain nombre de copies qui donnent la même résistance sous une forme maniable. J'ai adopté une disposition analogue à celle que M. Mascart avait présentée à la Conférence. Ces copies, dont j'ai l'honneur de mettre deux modèles sous les yeux de l'Académie, sont constituées par des colonnes de mercure contenues dans des tubes recourbés plusieurs fois sur eux-mêmes, symétriquement, et pénétrant par le haut dans des godets d'assez grand diamètre. Ces godets sont réunis au tube par des anneaux de caoutchouc, et restent ouverts, ce qui facilite l'ajustement et permet au besoin de renouveler le mercure. Ils ont été ajustés par comparaison, en rodant progressivement les extrémités du tube, avec soin, jusqu'à leur donner la résistance des étalons. Leur remplissage a toujours été fait, aussi bien que celui des étalons eux-mêmes, dans le vide. Il y aura, je crois, un certain intérêt à voir comment ces copies se comporteront, avec le temps, au point de vue de leur permanence, comparativement à des étalons de fil solide, maillechort, platine argent ou platine irridié.

Le choix du mercure, ainsi que le mode d'introduction des étalons dans un circuit, exigent certaines précautions et ont fait l'objet d'études dans le détail desquelles je ne puis entrer.

Je dois, en terminant, exprimer tous mes remerciements à M. Carpentier pour le concours dévoué et actif qu'il m'a prêté dans toute la partie de ce travail relative aux mesures électriques.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

La Société internationale des électriciens, s'inspirant de la pensée qui a présidé à sa fondation, c'est-à-dire désireuse de contribuer par tous les moyens en son pouvoir au développement de la science électrique, a décidé qu'une exposition aurait lieu dans le courant du mois de janvier 1885, à l'occasion de sa première assemblée générale.

Cette exposition a pour but non seulement de faire une exhibition des appareils qui présentent un caractère d'innovation ou de nouveauté et de rassembler les découvertes et les perfectionnements obtenus jusqu'à nos jours, mais encore de résumer dans leur ensemble les progrès réalisés au moyen de conférences faites par les savants les plus illustres et les électriciens les plus éminents.

On organisera donc, d'une manière méthodique, une série de conférences dans lesquelles seront exposées successivement les applications si multiples et si merveilleuses de cette branche de la physique.

En offrant ainsi aux visiteurs la possibilité d'embrasser dans toute leur étendue les conquêtes réalisées, et en faisant connaître le degré d'avancement des grandes questions encore à l'étude, la Société des électriciens espère donner à l'exposition une valeur plus élevée.

Cette exposition, qui durera peu de jours, aura lieu à l'Observatoire de Paris, dans une série de salles que M. l'amiral Mouchez, directeur de l'Observatoire, a bien voulu mettre à la disposition de la Société.

Les électriciens français et étrangers, qu'ils soient ou non membres de la Société, qui désireraient prendre part à cette exposition peuvent dès maintenant adresser leurs demandes, avec indication de la nature des objets qu'ils comptent envoyer, à M. le Président de la Société internationale des électriciens, 3, rue Séguier, à Paris.

Vu l'exiguïté de l'emplacement disponible, il sera statué sur chaque demande, et toute personne admise recevra notification de l'espace concédé. Les demandes d'admission devront être faites avant le 25 décembre 1884.

Les frais d'expédition et d'installation des appareils seront à la charge des exposants, qui n'auront d'ailleurs à acquitter aucuns autres frais.

Un avis ultérieur fera connaître les dates précises de l'ouverture et de la fermeture de l'exposition.

BIBLIOGRAPHIE

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE D'ÉLECTRICITÉ, par *James Clerk Maxwell*, publié par *William Garnett*, professeur de physique à l'University College de Nottingham, précédé d'une notice sur les travaux en électricité du professeur Maxwell, par W. Garnett. — Traduit de l'anglais par M. *Gustave Richard*, ingénieur civil des mines.

Une traduction française du grand traité de Clerk Maxwell est aujourd'hui en cours de publication. En attendant qu'elle soit achevée, et que les remarquables conceptions qu'elle est destinée à répandre aient été introduites dans notre enseignement, on ne saurait trop recommander la lecture de l'ouvrage que M. G. Richard a eu l'excellente idée de traduire : le *Traité élémentaire d'Électricité* du célèbre théoricien anglais.

Ce traité que Maxwell n'a pu terminer avant sa mort, mais qui a été fort heureusement achevé dans le même esprit par le professeur W. Garnett, s'adresse d'ailleurs à toute une catégorie de lecteurs pour lesquels l'ouvrage complet présenterait de nombreuses difficultés. Les notions mathématiques les plus élémentaires suffisent pour en saisir les principales démonstrations, et l'emploi de la langue spéciale du calcul infinitésimal y est absolument évité. Nous disons de la langue et non de l'idée même des infiniment petits, car la transformation qu'il a fallu faire subir à toutes les notions dérivées de cette manière de raisonner (travail électrique, pouvoirs thermo-électriques, etc.) ne laisse pas de rester assez incommode pour les esprits étrangers aux méthodes analytiques. Ces simplifications seraient d'ailleurs inutiles dans un ouvrage qui s'adresserait au public des praticiens français, tous familiarisés depuis l'école avec les éléments essentiels de l'analyse et de la mécanique théorique.

Malgré les difficultés introduites parfois par cet emploi de méthodes très élémentaires, les chapitres I et VIII de l'ouvrage, c'est-à-dire l'électro-statique, constituent un véritable modèle d'exposition. C'est là évidemment qu'il faudra puiser les matériaux d'un cours élémentaire sur cette électro-statique, si négligée dans notre enseignement industriel, et cependant si indispensable si l'on veut arriver à des notions claires et précises sur le reste de la science électrique.

La deuxième partie du traité, la plus directement intéressante pour les praticiens, n'est pas entièrement due à la plume de Maxwell. Elle a été composée d'extraits assez habilement reliés de son grand ouvrage. La lecture en est néanmoins fort utile; seulement il ne faut pas ou-

blier d'y joindre celle de la notice placée au commencement du volume par W. Garnett, et qui en relie et coordonne les différentes parties.

Dans cette notice et dans le chapitre IX de la deuxième partie, les électriciens désireux de connaître, au moins dans leur ensemble, les idées particulières de Maxwell, trouveront des notions précieuses. — Le propre des idées de Maxwell, comme des conceptions d'ordre élevé dans toutes les parties de la science, est surtout d'être suggestives, c'est-à-dire d'indiquer plus ou moins vaguement dans quelles directions des lois nouvelles ou des phénomènes inconnus peuvent se rencontrer. A ce point de vue, la divulgation de ces doctrines, si abstraites et spéculatives qu'elles paraissent au premier abord, est certainement intéressantes pour tous les esprits, très nombreux dans notre pays, qui s'appliquent à l'invention.

Parmi les points qui, à une première lecture, nous ont semblé plus spécialement dignes d'attention, nous citerons la description des appareils destinés, selon l'expression anglaise, à illustrer les phénomènes d'induction et les propriétés des diélectriques[1]. Ces deux instruments, si ingénieux et si démonstratifs, ne peuvent manquer de faire bientôt leur apparition dans nos cours d'Électricité industrielle. Le chapitre X (*Thermo-électricité et électrolyse*) donne, sur des phénomènes encore très obscurs un ensemble de notions bien plus élevées que ce qu'on est habitué à rencontrer dans les ouvrages d'enseignement. Enfin, le chapitre XII, extrait par le continuateur anglais, du traité complet, contient des démonstrations élégantes et simples des divers procédés de mesure, en particulier une discussion très détaillée des conditions de sensibilité du pont de Weahtstone[2].

Le traducteur a su rendre, par un français clair et rapide, la langue parfois abstraite, mais si originale et si expressive de J. Clerk Maxwell.

G. C.

TRANSMISSION ÉLECTRIQUE DU TRAVAIL MÉCANIQUE. — DÉTERMINATION DES ÉLÉMENTS DE LA TRANSMISSION, par *A. Hillairet*, ingénieur des arts et manufactures, directeur des ateliers de la maison Breguet. — *Masson*, éditeur.

Comme son titre l'indique, cet ouvrage a pour but la détermination des éléments de la transmission.

[1] Introduction, page XXXIV et chapitre IX, p. 146. L'appareil a déjà été décrit dans *La lumière électrique* de 1883.

[2] Page 238 (Dans le th. établi, p. 164, l'emploi de la lettre *c* pour désigner le courant, selon l'usage anglais introduit une confusion qui rend le texte peu intelligible).

Avant d'aborder le problème général, il était nécessaire de passer en revue et de discuter les résultats analytiques des lois élémentaires de l'induction électro-magnétique en étudiant séparément les deux facteurs de l'énergie électrique.

Vient ensuite la discussion du rapport des énergies dépensée et récupérée, c'est-à-dire l'énoncé général de la question.

Ceci posé, nous entrons dans l'exécution du projet pour les différents cas, en procédant du simple au complexe.

Après avoir traité le cas de la transmission par deux machines données, l'étude des modifications d'enroulement est indiquée suivant les principes simples qui permettent d'opérer les transformations, avec une grande approximation, entre certaines limites de diamètre des fils.

La question de la distribution de l'énergie donne lieu à l'étude des dispositifs des machines dynamos qui permettent de maintenir fixe l'un des éléments électriques de la transmission, intensité ou différence de potentiel entre les points extrêmes.

L'établissement du projet, dans le cas général, résulte des études précédentes.

Outre les machines, il y a encore à considérer les conducteurs qui les relient, et qui interviennent dans les résultats par leur résistance, qu'il s'agit de mettre en évidence.

L'auteur a consacré un appendice au résumé des différentes méthodes employées pour les essais des machines série-dynamos. Des courbes ou diagrammes, prises sur des machines existantes, sont des exemples de la variation des différentes fonctions étudiées.

Enfin, pour montrer de quelles applications était susceptible la transmission électrique du travail mécanique, on ne pouvait trouver de procédé plus simple et plus concis que d'en dresser la liste.

Celle-ci paraîtra, à première vue, un peu longue : nous voudrions la voir méditer, car, il faut qu'on le sache, en dépit des attaques dont il a été l'objet et des exagérations de partisans trop zélés, ce mode de transmission rendra de grands services.

Et l'industriel, encore sous le coup du doute, sera bientôt forcé d'apprécier à sa juste valeur la plus simple des transformations du travail moteur.

Erratum. — N° 87, 15 novembre 1884, p. 477, ligne 42 au lieu de *circonférencielles*, lire *circonférentielles*.

NÉCROLOGIE

HENRI LARTIGUE

Le savant ingénieur dont nous déplorons la perte, Henri Lartigue, est né à Saint-Mandé, près Paris, le 30 septembre 1830. Les conséquences des événements politiques ayant conduit sa famille dans le midi de la France, d'où son père était originaire, Lartigue fit ses études au petit séminaire d'Auch, dont l'enseignement était renommé dans la contrée. Sous l'influence du savant abbé Dupuys, le goût de Lartigue pour les sciences physiques et naturelles se développa rapidement. Tout le temps dont il pouvait disposer était consacré à des explorations dans les Pyrénées; il y réunit de magnifiques collections de botanique et d'entomologie, et sa connaissance de la flore et de la faune du pays, aussi bien que le charme de son caractère, lui valurent l'amitié des nombreux savants qui, chaque année, vont étudier cette intéressante chaîne de montagnes.

A peine muni des grades universitaires, Lartigue fut nommé professeur de physique, chimie et histoire naturelle, au lycée d'Auch. En 1855, le Verrier, directeur de l'Observatoire de Paris, voulant organiser un service spécial d'observations météorologiques et ayant entendu parler des aptitudes de Lartigue, le fit appeler et lui confia la conduite et la surveillance de tous ces appareils ingénieux qui enregistrent, au moyen de la photographie et de l'électricité, les moindres variations du baromètre, du thermomètre et de la boussole.

Mêlé dès lors aux travaux et aux découvertes des le Verrier, Yvon Villarceau, Emmanuel Liais, et surtout de Léon Foucault, il se passionna pour la science, alors en pleine période de développement, des applications de l'électricité.

En 1859, Lartigue quitta l'Observatoire pour entrer dans l'administration du chemin de fer du Nord, où ses aptitudes spéciales le firent charger du service télégraphique. Il tourna ses recherches vers les perfectionnements des appareils destinés à augmenter la sécurité des trains, à protéger la vie des voyageurs contre les accidents. Tout le monde a vu, aux expositions de Paris (1878 et 1880), Vienne, Bruxelles, etc., ses ingénieux sémaphores, son sifflet automoteur, son commutateur d'aiguilles, etc. Ces inventions multiples valurent à son euteur de nombreuses médailles d'or, et le conduisirent à être nommé, an mai 1880, directeur de la Société des téléphones.

Henri Lartigue faisait partie du Comité consultatif des chemins de fer; il était chevalier de la Légion d'honneur et chevalier de l'ordre de François-Joseph d'Autriche.

L'éminent ingénieur est mort d'une méningite causée par un excès de travail et de fatigue.

Esprit net et pratique, Henri Lartigue était essentiellement libéral et désintéressé. Très ingénieux, simplificateur, il avait le don d'éclairer toutes les questions qu'il étudiait.

Botaniste et entomologiste distingué, il laisse de belles collections d'histoire naturelle. Artiste, musicien, poète, il avait en quelque sorte reçu tous les dons en partage. Ami sincère et dévoué, sa mort est une grande perte pour sa famille, pour ses amis, pour la Compagnie des téléphones et pour la science. G. T.

FAITS DIVERS

Enroulement des dynamos, système Cardew. — MM. Latimer Clark, Muirhead et Cie de Londres appliquent aux machines dynamos un nouveau mode d'enroulement des inducteurs inventé en 1882 par M. le capitaine P. Cardew, ingénieur royal. Ce système consiste à rouler sur les inducteurs, non pas un fil unique de gros diamètre, mais plusieurs fils de diamètre plus petit, chacun desquels est traversé par une partie du courant total. Si, par exemple, la machine fournit 80 ampères, les inducteurs portent huit fils en quantité, chacun d'eux pouvant être traversé par un huitième du courant total, soit 10 ampères. Les extrémités des fils sont reliées à un tableau ou *manipulateur*, analogue au manipulateur des anciennes machines à courants alternatifs de Loutin, qui permet de coupler à volonté ces circuits d'excitation en quantité, en tension ou en séries, de les associer ou de les prendre séparément pour l'éclairage à arc ou à incandescence.

On se sert alors, dans ce dernier cas, d'un fil de retour commun.

L'avantage principal de la disposition adoptée par M. Cardew réside en ce que les variations, qui peuvent influencer un circuit donné, n'affectent qu'insensiblement le régime de tous les autres circuits, et qu'on assure ainsi leur indépendance réciproque.

On peut aussi, par un couplage convenable des circuits d'excitation, faire varier dans une plus large mesure la puissance de la machine, et même en modifier le mode de fonctionnement ; en montant, par exemple, tous les fils de l'excitation en tension et en reliant les extrémités aux balais, on peut transformer une *séries-dynamo* en *shunt-dynamo*.

L'idée de M. Cardew est simple, ingénieuse, facilement réalisable et trouvera, sans contredit, de nombreuses applications.

—

LE PREMIER APPAREIL TÉLÉGRAPHIQUE. — Parmi les curiosités de l'Exposition de Philadelphie figurait une nombreuse collection de modèles du Patent-Office de Washington ne comportant pas moins de 250 pièces. L'une des plus intéressantes est l'appareil télégraphique original de Morse, breveté le 11 avril 1846.

Le transmetteur, d'une construction grossière, est monté sur un socle en bois de sapin. Les électros sont enroulés de gros fil très médiocrement isolé, et le *sounder* se compose d'une simple baguette venant frapper contre une pièce de fer. Le mécanisme d'horlogerie qui commande le cylindre sur lequel le papier perforé était roulé est d'un modèle perfectionné.

Voici ce qu'on lit sur la carte indicatrice de l'appareil, ce serait, dit-on, l'effusion poétique d'un employé du bureau de Washington :

« *The steed called Lightning, says the Fates,*
« *Was tamed in the United States.*
« *Twas Franklin's hand that caught that horse.*
« *That was harnessed by Professor Morse* ».

En voici la traduction libre :

Le destin dit que le coursier apppelé Éclair a été soumis dans les États-Uuis. La main de Franklin a attrapé ce cheval, le professeur Morse l'a harnaché.

—

SÉPARATION ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE DU FER DANS LES MINERAIS DE ZINC. — Parmi les nombreuses et diverses applications de l'électricité à la métallurgie, une des plus intéressantes sans aucun doute est celle que les ingénieurs des mines de *Friedrichssegen*, près *Oberlohustein*, en Allemagne, expérimentent depuis trois ans avec le plus grand succès sur un conglomérat de fer et de blende. Pour séparer le fer du zinc on soumet le minerai à un grillage préalable qui a pour but de transformer le fer en fer magnétique. Cette opération n'exige que peu de combustible : 50 kilos de charbon environ pour 8 tonnes de minerai. Le minerai ainsi grillé est désagrégé par une broyeuse, réduit ensuite en tout petits fragments, puis versé dans un cylindre en cuivre à l'intérieur duquel sont disposés des électro-aimants rayonnants, excités par une dynamo. Le fer magnétique reste attaché aux aimants, tandis que la blende tombe directement dans des fosses où elle est recueillie. Pour séparer complètement ces deux produits, il suffit de répéter cette opération une autre fois dans le même cylindre ou dans un second cylindre qui y fait suite. Chacun de ces appareils n'absorbe qu'une force de 1/4 de cheval pour l'excitation des électros au moyen de la dynamo et pour la rotation du cylindre.

L'installation du cylindre Friedrichssegen comprenant 8 de ces blutoirs

électro-magnétiques, permet de traiter en douze heures 48 tonnes de minerai, et de séparer ainsi 7 tonnes de blende à 30 pour 100 de zinc et 18 tonnes de minerai de fer à 38 pour 100 de fer mélangé, à 10 pour 100 de manganèse. Ce dernier est livré tel quel au commerce; quant à la blende, elle suit son traitement habituel.

—

Une conversation télégraphique a 11 000 kilomètres de distance. — Le rédacteur du *Telegraphist*, journal anglais, avait souvent entendu vanter l'excellence de la ligne télégraphique reliant Londres à Téheran (Perse), et dont la longueur est de 6000 kilomètres, mais il était convaincu qu'à cette distance, l'appareil Morse ne pouvait transmettre nettement les signaux. Invité à tenter l'expérience, il se rendit au bureau central des télégraphes de Londres et se mit en communication tout d'abord avec le télégraphiste allemand de Emden. Quelques minutes après, il était en relation directe avec Odessa, puis bientôt avec Téheran. Désireux de pousser l'expérience jusqu'au bout, il se fit mettre en communication avec Calcutta par Agra. L'employé de Calcutta ne tarda pas à lier conversation avec lui, et ne fut pas peu surpris d'apprendre qu'il échangeait directement ses idées, sans aucun intermédiaire, avec un compatriote installé au bureau central de Londres. Quand on pense que cette conversation a pu se faire au moyen de signaux très-intelligibles, à raison de 14 mots à la minute, à 11 000 kilomètres de distance, c'est-à-dire sur une longueur équivalente à 3 câbles transatlantiques posés bout à bout, on est saisi d'admiration pour la télégraphie et pour la science qui a pu reculer ainsi les limites du temps et de l'espace.

Rappelons à ce propos qu'un statisticien s'est amusé à calculer la longueur totale des lignes télégraphiques existant sur notre globe. Cette longueur serait, paraît-il, de 2 millions de kilomètres, c'est-à-dire cinq fois la distance moyenne de la terre à la lune. Les États-Unis du nord de l'Amérique possèdent à eux seuls 500 000 kilomètres; vient ensuite l'Allemagne avec 300 000 kilomètres et en dernière ligne la Chine avec 2500.

—

La Conférence nationale des électriciens a Philadelphie. — Notre excellent confrère de New-York, ***The Electrical World***, qui a fait sténographier, pour en donner la primeur à ses lecteurs, les comptes rendus de toutes les séances de la Conférence nationale des électriciens tenue à Philadelphie en septembre dernier, nous apprend que ce travail ne représente pas moins de 110 000 mots, soit environ 11 000 lignes, près de 300 pages de texte serré renfermant 40 lignes à la page. Notre confrère fait remarquer avec raison que le rapport officiel ne sera prêt que dans quelques mois, ce qui donne une importance à ces comptes rendus, les seuls qui soient aujourd'hui complets.

Les discussions de la Conférence ont porté sur les unités électriques, la théorie des machines dynamo-électriques, les accumulateurs, l'électricité atmosphérique, les courants telluriques. la télégraphie, la téléphonie, la

photométrie, l'essai électrique de la structure des métaux, les paratonnerres, et l'emploi de l'électricité dans les mines et à la guerre. Ces différents sujets, exposés et discutés devant la Conférence, résument l'état actuel des progrès de l'électricité en Amérique, et nous nous proposons de faire quelques emprunts à notre confrère de New-York pour mettre nos lecteurs au courant de ces progrès.

—

Le watt, le kilowatt et le metrical horse-power. — Tout le monde est d'accord pour reconnaître que le cheval-vapeur français et le horse-power anglais sont des unités purement arbitraires, et des efforts sont tentés de divers côtés pour arriver à supprimer ces unités arbitraires et à les remplacer par une unité industrielle de puissance plus en rapport avec le système métrique. Il va sans dire que les électriciens, qui ont rendu le système C. G. S. de mesures électriques international et universel voudraient aussi contribuer à l'établissement de cette unité.

En 1882, le regretté sir William Siemens a proposé le watt, représentant une puissance de $\frac{1}{9,81}$ kilogrammètre par seconde, mais cette unité est bien petite, et M. Preece, à la Conférence nationale des électriciens de Philadelphie a proposé d'élever de 33 pour 100 la valeur du horse-power anglais, qui vaut actuellement 746 watts, et de l'amener à 1000 watts. Cette proposition a été étudiée par une commission qui a déposé un rapport préliminaire et fait une proposition à laquelle il paraît difficile de se rallier et qui, du reste, a été chaudement discutée en séance plénière.

La Commission a proposé en effet, pour éviter toute confusion avec le horse-power actuel, dont bien des gens feront encore longtemps usage, d'appeler l'unité proposée le *metrical horse-power*. Le mot est mal choisi, car la valeur de cette unité est de 98,1 kilogrammètres par seconde, et dans l'esprit du système métrique, il faudrait qu'elle fût de 100 kilogrammètres par seconde, c'est-à-dire un multiple de 10 du kilogrammètre par seconde. Dans la discussion qui a suivi la lecture du rapport de la Commission, diverses opinions se sont manifestées. Le capitaine Michaelis a proposé d'appeler cette unité le *Henry*, du nom du célèbre physicien, donnant pour raisons que dans la liste des unités électriques pratiques ne figure le nom d'aucun savant américain, et que l'Amérique est le pays où l'on fait le plus grand emploi de force motrice. M. Koyle et le lieutenant Murdock ont fait remarquer, avec raison, qu'il était inutile de créer un mot nouveau puisque, en prenant l'unité industrielle de puissance égale à 1000 watts, il suffisait de l'appeler kilowatt pour qu'elle soit parfaitement définie et comprise sans autre explication.

La discussion a été clause sans aboutir et les choses restent en l'état. Nous croyons inutile de créer un mot chaque fois qu'on peut s'en passer, et c'est ici parfaitement le cas. Puisque le watt est aujourd'hui accepté partout et par tous comme unité de puissance dans les applications électriques, sachons nous en contenter sans créer encore le Henry ou le metrical horse-power.

Ceux qui trouvent le watt trop petit pourront faire leurs calculs et publier leurs résultats en kilowatts, ils seront compris de tous les électriciens, sans même soupçonner la discussion dont la Conférence nationale de Philadelphie a été témoin.

—

Nomination d'une commission pour l'étude des précautions a prendre dans l'utilisation de l'énergie électrique.

Le Président de la République française, vu le décret-loi du 27 décembre 1851 ;
Sur le rapport du ministre des postes et des télégraphes,

Décrète :

Article premier. — Il est institué, sous la présidence du ministre des postes et des télégraphes, une Commission à l'effet de préparer et proposer un règlement spécial pour fixer les conditions techniques à remplir dans l'intérêt de la sécurité publique pour l'installation des conducteurs affectés à la transmission de la lumière ou au transport de la force par l'électricité.

Art. 2. — Cette Commission est ainsi composée :

MM. Hervé-Mangon, député, membre de l'Institut. — Jamin, membre de l'Institut, professeur à la Faculté des sciences. — Alphand, inspecteur général des ponts et chaussées, directeur des travaux de la ville de Paris. — Delmas, conseiller d'État. — Gariel, ingénieur en chef des ponts et chaussées. — Sartiaux, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sous-chef de l'exploitation des chemins de fer du Nord. — Mascart, professeur au Collège de France, directeur du bureau central météorologique. — Mille, lieutenant-colonel des sapeurs-pompiers. — Marques di Braga, maître des requêtes au Conseil d'État. — Jousselin, inspecteur principal de l'exploitation des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée. — Guillaume, sous-directeur à la direction de l'administration départementale et communale au Ministère de l'Intérieur. — Bergon, directeur du matériel et de la construction au Ministère des Postes et Télégraphes. — Blavier, inspecteur général, directeur de l'École supérieure de télégraphie. — Georges Cochery, directeur du cabinet et du service central au Ministère des Postes et des Télégraphes. — Cael, directeur-ingénieur des télégraphes de la région de Paris. — Raynaud, chef de bureau au Ministère des Postes et Télégraphes.

Art. 3. — Le Ministre des Postes et des Télégraphes est chargé de l'exécution du présent décret, qui sera inséré au *Bulletin des lois*.

Le Président de la République,
Jules Grévy.

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9813. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

AVIS

A partir du 1er janvier 1885 la publication de l'*Électricien* deviendra hebdomadaire : il paraîtra un numéro le samedi de chaque semaine.

Ce nouveau mode de publication permettra de répondre à un désir souvent exprimé, en donnant au recueil un caractère plus absolu d'actualité.

Le but principal de l'*Électricien* est de mettre à la disposition de tous ceux qui s'occupent de cette science un organe entièrement indépendant et dégagé de toute attache industrielle ou financière.

Mais tout en restant fidèle à ce programme, l'*Électricien* se propose, sans négliger les questions de science pure, de faire aux questions d'applications une part plus large et en rapport avec les besoins de sa clientèle.

LA DIRECTION DES BALLONS
JUGÉE A BERLIN

Les expériences de Meudon n'ont pas fait sensation en France seulement. Il nous semble donc intéressant de recueillir les diverses opinions émises à l'étranger et notamment à Berlin, sur l'importance des progrès réalisés, et nous rendrons compte aujourd'hui d'une conférence du major Buchholtz, faite aux membres de l'*Elektrotechnischerverein*, dans laquelle il a passé en revue les travaux les plus récents relatifs à l'aérostation et apprécié les résultats acquis par les dernières expériences de ballons dirigeables.

Bien que le vers de Virgile..... *ab uno disce omnes* ne soit pas toujours applicable, il nous paraît cependant curieux de mettre en parallèle l'opinion impartiale, presque bienveillante de la science allemande à l'égard des courageux pionniers de l'aéronautique, nos compatriotes, tels que *Giffard*, *Dupuy de Lôme*, *Tissandier frères*, *Renard* et *Krebs*, avec les appréciations aussi injustes qu'étroites de personnages reconnus comme autorités en la matière par leurs concitoyens, de l'autre côté du détroit.

La direction des ballons est-elle possible? Le major Buchholtz, avant de se prononcer, élimine *le plus lourd* que l'air, dont les partisans n'ont pu obtenir que des résultats de si peu de valeur qu'il considère comme tout à fait inutile de s'y arrêter. Il rappelle ensuite l'opinion d'un savant compatriote, le professeur *von Helmholtz* qui, s'appuyant sur les expériences de Dupuy de Lôme, a cherché le moyen de diriger les ballons en assimilant les conditions d'un aérostat pourvu d'un moteur à celles d'un bateau à vapeur. L'illustre physicien écrivait en effet :

« Le navire y compris, son équipage et sa cargaison, doit peser autant que le volume de liquide qu'il déplace. Un ballon, rempli d'hydrogène, pour porter un tel poids, devrait avoir un volume 837 fois plus grand, et 2208,5 fois plus grand, s'il était plein de gaz d'éclairage ; ces chiffres permettent de déterminer le poids du ballon de mêmes dimensions.

« Mais la puissance qu'il serait nécessaire de développer pour déplacer le ballon dans ces circonstances devant être réduite dans de bien plus grandes proportions que le poids du ballon relativement à celui du navire, la locomotion aérienne ne présenterait pas de grandes difficultés.

« Car même, si nous choisissons un bateau tel que le poids de la machine motrice soit relativement le seul important à considérer, celui du ballon à gaz d'éclairage n'aurait besoin que d'être le $\frac{1}{52}$ de celui de cette machine motrice, mais aussi le poids du moteur de l'aérostat, n'ayant à développer que $\frac{1}{5114}$ de la puissance de la machine actionnant le bateau, pourrait être réduit à peu près dans le même rapport.

« Si l'on admet 18 pieds par seconde comme le maximum de la vitesse réalisée par les bateaux à vapeur, on pourrait donc obtenir le $\frac{1}{4}$ de cette vitesse pour des ballons de construction analogue à l'aide de moteur d'une puissance relativement très faible ».

En développant ces calculs, le major Buchholtz arrive à cette conclusion que Dupuy de Lôme, avec des modifications convenables faites à son moteur, aurait pu atteindre des vitesses de 16,5 kilomètres à l'heure, au lieu de 8 à 10 kilomètres. Le professeur Helmholtz, recherchant le rapport entre la surface utile de l'hélice et son nombre de tours, avait d'ailleurs été conduit au principe suivant : que l'on ne saurait développer un travail utile considérable qu'en adoptant des moteurs de grande superficie, tournant à un nombre de tours relativement faible ; une des grandes difficultés pratiques qu'on rencontre consiste en ce qu'on ne peut réaliser ce desideratum sans augmenter outre mesure le poids de l'appareil.

C'est à cette même conclusion qu'avait été amené un ingénieur autrichien, *Mauder*, un an auparavant ; ce dernier affirmait également que la locomotion d'un ballon n'exigeait que le $\frac{1}{800}$ de la puissance nécessaire à un déplacement correspondant d'un navire.

Notez que ces calculs s'adressent à une locomotion en air calme, condition qui ne se présente qu'exceptionnellement, tandis que, dans la navigation, elle est le cas général.

Le conférencier rend compte ensuite des derniers progrès réalisés dans l'art de diriger les ballons et il se fait un devoir de *reconnaître que la gloire de la priorité en revient tout entière aux frères Tissandier, sans cependant refuser à deux officiers de l'armée française le mérite d'avoir su profiter avec intelligence et succès des dispositions imaginées par les premiers.* On a pu remarquer en effet, à l'Exposition internationale d'électricité, le premier modèle d'un ballon dirigeable mû par l'électricité, dû à M. Gaston Tissandier. Depuis MM. Tissandier, travaillant sans relâche, ont pu, dès le 8 octobre 1883, faire leurs premiers essais avec un ballon de 1060 mètres cubes de capacité; malgré un temps peu propice, les résultats ne furent pas mauvais.

Deux nouvelles expériences ont été faites ensuite avec un plein succès; mais elles n'ont pas satisfait à cette condition que l'on a l'habitude d'exiger, que le retour du ballon se fît à l'endroit dont il était parti. C'est ce dernier résultat qu'a pu atteindre l'aérostat de MM. Renard et Krebs. Lors de leur seconde expérience, un vent assez violent s'étant élevé, le ballon ne put lui tenir tête que peu de temps et un accident survenu à l'hélice obligea ces officiers à atterrir vingt minutes après leur départ. Dans la première expérience, l'aérostat Renard et Krebs avait parcouru 7,60 kilomètres en vingt-trois minutes et il était animé par suite d'une vitesse moyenne de 5 mètres à la seconde. Les frères Tissandier n'ont pas été aussi heureux; il est vrai de dire qu'ils ont exécuté leur expérience au-dessus de Paris en présence de milliers de témoins qui cependant paraissent avoir été très favorablement impressionnés; ils ont atteint dans ce voyage une vitesse propre d'environ 3 mètres.

Le major Buchholtz pense que la forme de l'aérostat Renard et Krebs, rappelant celle d'un cigare, est mieux adaptée que celle du ballon des frères Tissandier; il préfère également le mode de suspension de la nacelle du premier, comme offrant plus de stabilité. Les officiers français ont eu aussi, d'après lui, une idée heureuse, en plaçant l'hélice en avant, imitant ainsi

la nature, dans la création des oiseaux au vol rapide, tels que les hirondelles, les mouettes, etc.

Des observations faites les six dernières années à Berlin, il résulte qu'il y a en moyenne deux cent cinquante-quatre jours par an où la vitesse du vent ne dépasse pas 5 mètres par seconde. Le major Buchholtz en conclut, par suite, que les résultats obtenus jusqu'ici permettent de réaliser avec des aérostats des vitesses propres correspondantes à celles obtenues par les bateaux à vapeur, pendant la plus grande partie de l'année. Dans quelles limites de temps l'électricité se prête à développer la puissance nécessaire? c'est ce que l'avenir nous apprendra et c'est le problème que les électriciens ont encore à résoudre.

Nous donnons d'ailleurs, d'après un tableau dressé par le major Buchholtz, le résumé des conditions dans lesquelles se se sont faites les cinq expériences les plus célèbres.

DÉSIGNATIONS.	GIFFARD.	DUPUY DE LOME.	HAENLEIN.	TISSANDIER. — 8 octobre 1883 25 septembre 1884.	RENARD ET KREBS. — 9 et 12 septembre 1884.
Longueur (*m*)	44	36,16	50,4	28	50,42
Hauteur (*m*)	12	14,84	9,20	9,2	8,4
Capacité (m^3)	env. 1600	3454	2408	1060	1864
Poids total (*kg*)	1800	3799	2629	1240	2000
Poids du moteur et des accessoires	520 350	1050 204	537	280	652
Diamètre de l'hélice (*m*)	3,4	9	4,6	2,85	7 environ
Nombre de tours	110	25 à 27	90 à 180	120	46
Vitesse en mètres par seconde	2 à 3	2,6	5,2 à 10	3 à 5	5,5 à 9
Poids total par cheval de force (*kg*)	600	3000	730	500	235
Poids du moteur par cheval	290	1200	146,4	186	77

N. DE TÉDESCO.

NOTE
SUR UN
NOUVEL APPAREIL DE CORRESPONDANCE
POUR CHEMINS DE FER

Dans les gares très étendues, dans le sens de la longueur, où l'on manœuvre en plusieurs points en engageant les voies principales, on installe d'ordinaire, en ces points, des leviers de manœuvre des disques à distance de manière à pouvoir se protéger contre l'arrivée ou le passage des trains. C'est ainsi que souvent les disques à distance sont manœuvrés de deux et même de trois endroits différents à l'aide de leviers distincts. Ces disques sont alors dits à transmissions multiples.

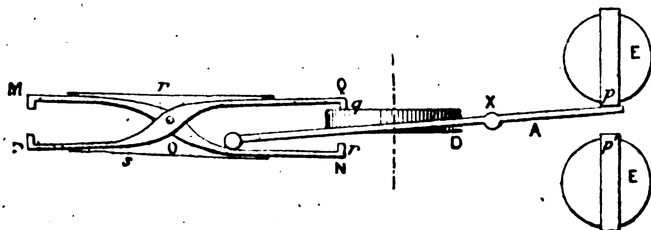
On a intérêt, dans beaucoup de cas, à savoir en un point d'une gare, par exemple à l'extrémité côté nord, si l'on manœuvre à un autre point, tel que l'extrémité sud, par exemple, et si les mouvements effectués en ce dernier point sont régulièrement protégés par les disques à distance.

Jusqu'ici on avait fait usage, dans ce but, de petits disques de commandement, ne s'adressant pas aux mécaniciens, installés à proximité des guérites occupées par les agents intéressés, et manœuvrés, soit du même coup de levier que les disques à distance, soit à l'aide de trasmissions distinctes. Pour des raisons que nous croyons inutile de développer ici, on a renoncé à l'emploi de ces signaux, toujours coûteux, d'un fonctionnement peu régulier, et l'on a eu l'idée de les remplacer par des appareils spéciaux mis en mouvement, à distance, par l'électricité.

Un signal de ce genre fonctionne depuis plusieurs mois déjà dans la gare de Chauny où la Compagnie du Nord l'a fait installer à titre d'essai; un autre spécimen du même appareil vient également d'être posé dans la gare de Saint-Just. Nous avons pensé qu'il serait peut-être intéressant d'en faire connaître le principe.

Le nouvel appareil de correspondance qui nous occupe a été construit par la maison Breguet, d'après les indications de M. E. Sartiaux, chef du service télégraphique de la Compagnie du chemin de

fer du Nord. Il se compose essentiellement d'une sorte de lanterne de 0,320 de diamètre et de 0,800 de hauteur totale, manœuvrée à distance à l'aide de deux commutateurs qui envoient respectivement, dans le mécanisme renfermé dans la base de la lanterne, des courants positifs ou négatifs, suivant les cas. Ce mécanisme actionne un cylindre creux en verre, placé immédiatement au-dessus, et qui peut tourner autour de son axe vertical. Sur les parois de ce cylindre sont inscrites, à 180 degrés, deux inscriptions identiques telles que : *On manœuvre au poste* n° ... Ces inscriptions sont visibles à droite et à gauche de l'appareil ; la porte située à la partie antérieure et le fond forment écrans.



Les inscriptions apparaissent lorsque, à l'aide d'un des commutateurs, on lance un courant négatif dans le mécanisme moteur ; on les fait disparaître par l'envoi d'un courant positif à l'aide de l'autre commutateur.

Le mécanisme moteur se compose d'un mouvement d'horlogerie ordinaire, à déclenchement électrique. Le principe en est indiqué par le schéma ci-dessus.

L'axe du dernier mobile du mouvement d'horlogerie porte un disque D dans la face supérieure duquel sont percés deux trous diamétralement opposés. La face inférieure de ce disque est également percée de deux trous situés aux extrémités d'un même diamètre perpendiculaire au précédent. Normalement, l'une des pointes *r* ou *q*, des branches N ou Q des ciseaux MNOPQ, pénètre dans l'un des trous du disque D qui se trouve ainsi rendu fixe. Deux ressorts, *r* et *s*, tendent continuellement à rapprocher les branches N et Q des ciseaux.

Sous l'action d'un courant positif, par exemple, l'armature A se trouve repoussée par le pôle *p* d'un électro-aimant E, et attiré par le pôle *p'*. Cette armature oscillera autour de l'axe X, et son

extrémité de gauche viendra soulever la branche Q en dégageant le disque D qui se mettra à tourner. Quand ce disque aura décrit 90 degrés, la pointe n, pressée par le ressort s, pénétrera dans le trou correspondant du disque qui sera de nouveau arrêté. Les inscriptions sont alors cachées par les écrans. Pour les faire réapparaître, il suffira, à l'aide du second commutateur, d'envoyer un courant négatif dans les bobines de l'électro-aimant E, et les phénomènes que nous venons d'expliquer se reproduiront en sens inverse.

Quand, à la suite d'un certain nombre de manœuvres, le barillet du mouvement d'horlogerie est arrivé à la fin de sa course, un contact s'établit et une sonnerie trembleuse, qui se met à tinter, avertit que le ressort doit être remonté.

Les inscriptions sont visibles la nuit par transparence; l'éclairage est obtenu à l'aide d'une lampe à pétrole placée au centre du cylindre de verre.

Une batterie de huit éléments Leclanché est suffisante pour assurer le fonctionnement de cet appareil. Les résultats obtenus jusqu'ici paraissent satisfaisants. L. CHENUT.

NOTE SUR UN TÉLÉTHERMOMÈTRE

INSTALLÉ

AU THÉATRE DE LA MONNAIE, A BRUXELLES

On installe en ce moment, au théâtre de la Monnaie, à Bruxelles, des appareils spéciaux qui joueront un rôle des plus importants dans le chauffage et la ventilation de ce monument. Afin d'en faire bien comprendre le but, nous croyons utile d'indiquer sommairement en quoi consiste le système adopté par M. Bordiau, architecte, pour chauffer et ventiler ce théâtre.

Les éléments de cette note nous ont été obligeamment fournis par M. Draguet, ingénieur à Bruxelles.

Le chauffage se fait par la vapeur; vingt-quatre chambres, disposées sous le parterre et les stalles, contiennent des tuyaux

de vapeur au contact desquels vient s'échauffer l'air frais. Ces chambres sont mises en communication :

1° Avec la salle par des orifices pratiqués sous le plancher du parterre, des stalles, du parquet, des loges des différents étages et autour de la coupole. Afin d'éviter tout courant d'air nuisible, les bouches installées sous les fauteuils ne fonctionnent qu'avant chaque représentation;

2° Avec les couloirs et quelques locaux de service de la scène par des conduits dont les orifices sont placés à la partie supérieure, près du plafond.

Outre ces bouches d'air chaud, une grande partie du vestibule, des escaliers, des corridors, la scène, les foyers, les couloirs des loges, sont chauffés directement par des surfaces de chauffe disposées contre les murs ou sous les planchers.

L'introduction de l'air nouveau a lieu par insufflation mécanique d'air comprimé qui entraîne l'air extérieur. L'évacuation de l'air vicié a lieu par des bouches placées sous les baignoires du rez-de-chaussée, au fond des loges des différents étages, au plafond des couloirs des locaux à ventiler; enfin à la partie supérieure de la coupole.

Comme on le voit, il y a deux évacuations d'air vicié, l'une par des orifices qui se trouvent à la partie inférieure du théâtre pour les gaz plus lourds que l'air nouveau introduit; l'autre, à la partie supérieure par l'ouverture du lustre et les lanterneaux de grandes dimensions, établis dans la toiture, pour les gaz plus légers.

Cette organisation permet d'obtenir une température à un degré voulu, pouvant être modifiée à volonté et à de courts intervalles pendant la représentation; elle permet, en outre, d'envoyer facultativement de l'air frais à un étage et de l'air chaud à un autre étage; enfin d'extraire l'air vicié plus lourd que l'air nouveau introduit et l'air vicié plus léger.

La régularité de ce service doit être assurée, dans son ensemble, par un employé qui a, dans son bureau, des tableaux indicateurs des températures, reliés à des thermomètres placés dans les diverses parties de l'édifice à chauffer. Ces tableaux, indiquant à chaque instant les températures des locaux, permettent, à l'aide d'une simple manœuvre de robinet, de la modifier à

volonté. C'est cette dernière installation qui constitue le téléthermomètre dont nous allons donner maintenant une description sommaire.

Il se compose essentiellement de thermomètres disposés dans les endroits dont il est intéressant de connaître les températures, et de récepteurs qui se trouvent dans le bureau de contrôle.

Chaque thermomètre se compose d'une boîte circulaire de 0,165 mètre de diamètre et de 0,075 mètre d'épaisseur. Cette boîte comprend trois parties distinctes.

Dans la partie antérieure, se trouve une aiguille A, mobile

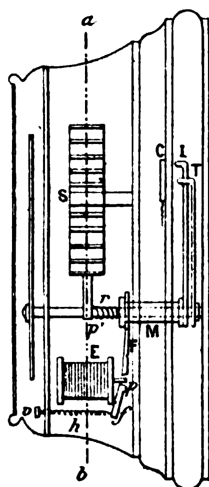


Fig. 1. — Vue de côté.

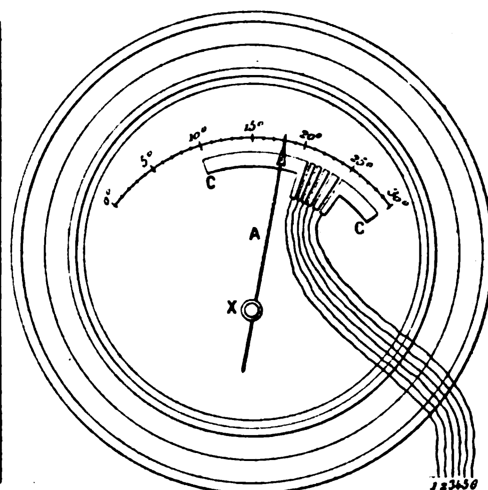


Fig. 2. — Vue de face.

autour de l'axe X, et dont l'extrémité supérieure se déplace sur un cadran indiquant les degrés de 0 à 30 (ce sont les températures extrêmes qui ne doivent jamais être atteintes).

La partie moyenne comprend, au centre, une spirale métallique S formée de deux métaux, zinc et acier, soudés ensemble. Dans chaque spire, l'acier se trouve à l'extérieur. Nous verrons plus loin l'usage de cette spirale. Au-dessous, on remarque un électro-aimant E à deux bobines. Le fer doux de chaque bobine est prolongé par une pièce *p* servant de guide au fer doux *f* terminé à la partie supérieure en forme de fourche F. La partie inférieure de ce fer doux *f* est constamment rappelée par un ressort *h* dont

la tension peut être réglée à l'aide d'une vis de rappel *v*. Un autre ressort *r* tend à écarter le fer doux des pôles *f* de l'électro-aimant. Tout cet ensemble est entouré d'une plaque en cuivre perforée qui laisse passer l'air de la salle. Enfin, la partie postérieure de chaque thermomètre reçoit l'extrémité de l'axe X. Sur cet axe s'engage, à frottement doux, un manchon M dont la partie de gauche s'engage dans la fourche F ; à la partie de droite est fixée une aiguille I entraînée par une tige T calée sur l'axe X, en même temps que l'aiguille indicatrice extérieure A. Quand le manchon M se déplace de droite à gauche, comme

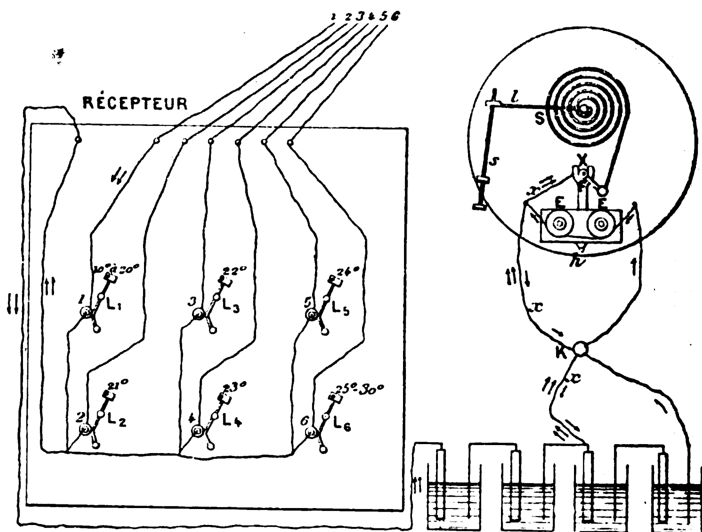


Fig. 3 et 4. — Coupes du transmetteur et du récepteur.

nous l'expliquerons plus loin, l'extrém de ité l'aiguille I vient au contact d'un segment de cercle isolé G et composé de plaques de cuivre séparées les unes des autres. Ces plaques sont disposées dans l'axe des divisions des degrés à représenter. Elle sont reliées chacune par un fil au récepteur.

Quant au récepteur, il est formé (fig. 4) d'une caisse dont le cadre du fond porte six aiguilles aimantées L, mobiles autour d'axes de rotation situés au-dessus des bobines 1, 2, 3, 4, 5, 6. Ces aiguilles portent, à leur partie supérieure, un petit cadran indicateur, et à leur partie inférieure un contrepoids tendant à les maintenir dans leur position normale. C'est celle indiquée fig. 4.

Cet ensemble est recouvert d'un autre cadre dans lequel sont pratiquées six ouvertures garnies de glaces, de telle façon que les cadrans des aiguilles aimantées viennent y montrer un point noir dès qu'un courant est produit. Le nombre des degrés est indiqué au-dessus de chacune de ces ouvertures.

Le récepteur, et la pile X, formée de 8 éléments Lechanché, sont placés dans le bureau de contrôle, ainsi qu'un bouton K dont nous allons faire connaître l'usage.

Supposons que l'on veuille connaître la température du milieu où est placé le thermomètre, on presse sur le bouton K. Le courant positif indiqué par une flèche passe dans l'électro-aimant E, la plaque de fer doux p est attirée, la fourche F entraîne le manchon M et l'aiguille I, dont l'extrémité supérieure vient toucher la plaque C.

L'aiguille du cadran marquant 18 degrés (température comprise entre 10 et 20 degrés), l'aiguille I met en communication la partie du cercle C et l'axe X. Cet axe étant relié à la pile par le fil x, le courant positif, représenté par deux flèches, après avoir passé par l'axe X, l'aiguille I et la plaque C, se rend par le fil n° 1 dans la bobine n° 1 du récepteur et de là au pôle négatif de la pile. Le fil x sert donc pour deux courants et remplace deux fils distincts. Sous l'action du courant qui passe dans la bobine n° 1, le cadran indicateur correspondant apparaît devant la glace du tableau, et l'on voit aussitôt que la température est comprise entre 10 et 20 degrés, par exemple.

Quand on cesse de presser sur le bouton K, l'aiguille aimantée reprend sa position première.

L'appareil fonctionnerait de la même façon si l'aiguille marquait 21, 22, 23, 24 degrés, mais alors en donnant une indication exacte de la température.

Le nombre des quelques degrés réels que l'on peut ainsi obtenir peut être augmenté du double par une disposition simple telle que la suivante : si, sur chaque crayon indiquant 2 degrés, on met une plaque de cuivre (double donc de celles figurées sur le dessin), il est facile de voir que l'on pourrait connaître des températures telles que 15-16, 17-18, 19-20, 21-22, 23-24 degrés.

Avec cinq fils on aurait ainsi un intervalle de 10 degrés, cette disposition serait applicable dans les cas où l'on pourrait se

dispenser d'avoir l'évaluation de la température à un degré près.

Nous avons omis de dire comment on opérait le réglage des thermomètres.

Comme on le voit, figure 3, le milieu de la spirale est maintenu fixe sur l'axe X. Cet axe étant lui-même fixe, relativement, les déformations de toutes les spires X s'ajoutent entre elles et se font sentir à l'extrémité opposée. Le réglage se fait par comparaison avec un autre thermomètre, à l'aide d'une vis *s* qui ne peut avoir qu'un mouvement de rotation entre deux collets. Si donc on la fait tourner dans un sens ou dans l'autre, elle monte ou descend, et son extrémité supérieure agit à l'aide du levier *l* sur l'axe de la spirale qui se trouve entraîné dans un sens ou dans l'autre.

Il y aura à la Monnaie neuf appareils de ce genre. Ils ont été construits par M. Closset, ingénieur électricien à Bruxelles.

L. C[illegible].

AFFINAGE DU CUIVRE

(SUITE ET FIN)[1]

Épaisseur du dépôt obtenu dans un temps donné. — Nous allons chercher à déterminer le prix de revient de l'affinage électrique du cuivre, en nous plaçant dans diverses conditions d'installation; pour cela, il nous faut d'abord calculer l'épaisseur possible du dépôt par heure, puis la force motrice dépensée pour l'électrolyse, et enfin, le capital immobilisé dans la fabrication.

Dans son ouvrage sur la théorie et les applications de l'électricité, M. John T. Sprague relate ses expériences personnelles sur les dépôts de cuivre effectués dans un bain composé de 3 parties d'une solution saturée de sulfate de cuivre et de 10 parties d'acide sulfurique étendu de dix fois son volume d'eau.

L'opération était poussée jusqu'à ce que le dépôt atteignît 52 centigrammes pour 6,45 centimètres carrés, ce qui correspond à 8 centigrammes par centimètre carré. L'épaisseur était de 0,09 millimètre, en prenant pour densité du cuivre précipité 8,89.

[1] Voy. l'*Électricien* du 15 novembre et du 1er décembre 1884.

M. Sprague employait, comme générateur d'électricité, une pile Daniell, et il faisait varier les résistances de manière à obtenir l'épaisseur de 0,09 millimètre en trente heures au maximum ou en quarante-cinq minutes au minimum.

Voici les résultats de l'expérience :

N° 1.	En 30 heures,	couche de 0^{mm},003	par heure. . .	Excellente couche.
2.	15 heures,	— 0^{mm},006	— . . .	Cuivre très tenace.
3.	5 heures,	— 0^{mm},018	— . . .	Très bon dépôt.
4.	2 heures 30,	— 0^{mm},036	— . . .	Bon dépôt.
5.	1 heure 15	— 0^{mm},072	— . . .	Sablonneux sur les bords.
6.	45 minutes,	— 0^{mm},122	— . . .	Mauvais dépôt.

Les quatre premiers dépôts étaient sensiblement aussi réguliers et aussi homogènes les uns que les autres ; mais, à partir d'une épaisseur de couche de 0,036 millimètre par heure, si l'on accélère l'opération, le dépôt devient défectueux. En conséquence, M. Sprague conseille de ne pas dépasser cette limite qui correspond à environ 1 ampère par 33 centimètres carrés ou à 300 ampères par mètre carré de surface d'anode.

Ce régime électrolytique ne doit jamais être atteint en pratique, car les industriels ne procèdent pas avec les mêmes soins que M. Sprague ; leurs bains sont souvent peu homogènes, les anodes et les cathodes irrégulièrement disposées et le dépôt devient grenu ou sans adhérence bien avant cette limite. Nous ne le conseillons que dans un seul cas, c'est lorsqu'on fait des clichés typographiques pour la reproduction de dessins sur bois et qu'on est très pressé de les livrer; et encore exigeons-nous que la première couche soit faite lentement et que le travail rapide ne vienne qu'épaissir le métal. Pour bien opérer, il ne faut pas dépasser 1 ampère par décimètre carré ou 100 ampères par mètre carré de surface de cathode, lorsque les anodes sont en cuivre chimiquement pur.

Dans les expériences que nous avons relatées, M. Gramme, se plaçant à un tout autre point de vue que M. Sprague et voulant éviter, d'une manière absolue, l'inégalité dans la qualité du dépôt pour ne pas fausser ses conclusions, se servait tantôt d'un courant de 6,3 ampères pour 1600 centimètres carrés, ce qui correspond à 1 ampère pour 254 centimètres carrés ou à 30 ampères par mètre carré ; et tantôt du même courant de 6,3 ampères pour 6 mètres carrés, c'est-à-dire approximativement de 1 ampère par mètre carré. Dans ces conditions, le dépôt était naturellement régulier, fin et tenace, et l'épaisseur obtenue en une heure variait de 0,004 millimètre à 0,0001 millimètre.

A Hambourg, M. Wohlwill, ayant toujours eu pour objectif d'économiser la force motrice, a été également conduit à opérer avec de grandes surfaces de cathodes et à obtenir ainsi de faibles épaisseurs

de cuivre par heure. Dans sa première installation, la grande machine Gramme dépose 30^{kg},50 à l'heure sur 1200 mètres carrés de surface, c'est-à-dire 25^{gr},4 par mètre carré. L'épaisseur du cuivre précipité sur les cathodes est donc de 0,003 millimètre par heure. Dans les deux installations qui ont suivi, cette allure a été encore très réduite, puisque le dépôt par heure ne dépasse pas 37^{kg},50 de cuivre sur 3600 mètres carrés de cathodes, ce qui correspond à une épaisseur approximative de 0,001 millimètre dans le même temps.

Chez MM. Œschger et Mesdach, la production est de 700 kilogrammes de cuivre en vingt-quatre heures, avec une surface de cathode de 1200 mètres carrés. L'épaisseur du dépôt est sensiblement 0,003 millimètre par heure.

A Marseille, M. Hilarion Roux précipite 10^{kg},400 de cuivre par heure sur 900 mètres carrés de cathodes, c'est-à-dire 11^{gr},44 par mètre carré. L'épaisseur du dépôt est donc de 0,001144 millimètre par heure.

L'*Elliott's metal Company*, à Birmingham, a cinq installations qui précipitent chacune 13 kilogrammes de cuivre sur 144 mètres carrés de cathodes ou 90 grammes par mètre carré. L'épaisseur du dépôt est dans les cinq installations de 0,01 millimètre par heure.

Dans les ateliers de M. Michel, à Paris, on obtient des clichés typographiques d'un dixième de millimètre d'épaisseur en cinq heures, ce qui correspond à 0,02 millimètre par heure.

Il est inutile de multiplier les exemples, car ceux que nous venons d'énumérer varient de 0,0001 millimètre à 0,1220 millimètre par heure et comprennent toutes les applications possibles.

Pour résumer la question, nous avons calculé les épaisseurs du dépôt qu'on obtiendrait par semaine de cent cinquante-six heures avec les dix régimes que nous avons signalés, et voici le résultat de ce travail :

ÉPAISSEURS DU CUIVRE DÉPOSÉ EN 156 HEURES DE TRAVAIL

Expériences et applications.	Épaisseurs en millimètres
Expériences de M. Gramme	0,0156 à 0,624
— de M. Sprague	Bon dépôt : 0,468 à 5,616.
— —	Mauvais dépôt : 11 à 19.
Usine de MM. Œschger et Mesdach	0,468
— de la *Nordeutsche Affinerie*	0,468
— —	0,156
— de M. Hilarion Roux	0,178
— *Elliot's Metal Company*	1,56
— Michel, à Paris	3,12
Régime maximum, anodes chimiquement pures	1,68

Il résulte d'analyses chimiques que la pureté de cuivre obtenu électrolytiquement dépend de la distance existant entre les anodes et

leurs cathodes, de la continuité de l'opération, de la composition des bains et de la nature des corps étrangers contenus dans le cuivre brut; mais qu'elle n'est pas altérée, toutes choses égales d'ailleurs, lorsque le régime normal ne fait pas précipiter plus de 2 millimètres d'épaisseur par semaine. A ce point de vue, les usines de Hambourg, de Marseille et Birmingham ne présentent aucune supériorité réelle l'une sur l'autre.

Résistance spécifique des bains. — La force motrice nécessaire à l'affinage des métaux par l'électricité est, en grande partie, absorbée par la résistance des bains, laquelle résistance dépend du degré de concentration des liquides, de leur température et de la distance des deux électrodes.

De nombreuses expériences ont démontré que la meilleure solution à employer dans l'affinage électrolytique du cuivre était celle qui marquait de 16 à 18 degrés à l'aréomètre de Baumé.

Cette solution correspond à 18,267 pour 100 en poids de $SO^4Cu + 5HO$.

Sa densité à 16 degrés est de 1,1247.

L'équivalent de $CuSO^4,5HO = 124,7$.

Le rapport entre les équivalents de la solution et du sulfate de cuivre est

$$\frac{CuSO^4}{CuSO^4 + 5HO} = \frac{79,7}{124,7} = 0,68$$

d'où, pour densité de 1,1247, nous aurons :

$$18,267 \times 0,68 = 12,42 \text{ de } CuSO^4$$

Connaissant la densité du bain, on peut facilement, au moyen des tableaux calculés à l'avance, déterminer la distance suivant la température. A 20 degrés centigrades, une solution de 12,42 pour 100 de $CuSO^4$ a une résistance spécifique d'environ 32 ohms.

De sorte que 1 centimètre cube du bain, considéré entre deux faces opposées, a 32 ohms de résistance.

Par mètre carré, cette résistance est 10 000 fois plus faible ou 0,0032 ohm pour une couche de 1 centimètre. Avec 2, 3, 4, 5... centimètres, la résistance est naturellement 2, 3, 4, 5... fois plus grande.

Des expériences directes nous ont démontré que les bains de sulfate de cuivre employés dans l'affinage étaient beaucoup moins résistants que le calcul précédent ne l'indique. Cela tient d'abord à ce

que la chaleur développée dans le sein de l'électrolyte, par le passage du courant, augmente sa conductibilité, et ensuite à ce que le degré d'acidité, qui croît après quelques heures de marche, diminue la résistance du bain dans d'assez grandes proportions.

Il ne faut d'ailleurs pas considérer seulement la tranche de liquide comprise entre les anodes et les cathodes, car la conductibilité totale vient de cette tranche augmentée d'un épanouissement inférieur et latéral du liquide, épanouissement qui est souvent considérable par rapport à la surface des électrodes.

Voici quelques-uns des résultats que nous avons obtenus en opérant sur des sulfates de cuivre du commerce :

1° Température, 20 degrés centigrades; concentration, 10 degrés Baumé; résistance spécifique, 25 ohms;

2° Température, 20 degrés centigrades; concentration, 18 degrés Baumé; résistance spécifique, 20 ohms;

3° Température, 25 degrés centigrades; concentration 18 degrés Baumé; accide additionnel, 1 pour 100; résistance spécifique, 15 ohms.

Il résulte de là qu'il est facile d'établir des bains d'affinage ayant 20 ohms de résistance spécifique, et nous croyons que les dissolutions employées à Hambourg et à Birmingham ont une résistance spécifique inférieure à 20 ohms; cependant, nous prendrons ce chiffre comme base de nos calculs, parce que nous préférons l'emploi de bains résistants à celui de bains acides, au point de vue de la pureté du cuivre obtenu.

La distance entre les anodes et les cathodes varie de 2 à 10 centimètres. Dans l'affinage, on met rarement moins de 5 centimètres pour faciliter les manipulations et empêcher tous contacts entre les plaques positives et les plaques négatives; cependant, nous avons vu des installations fonctionner convenablement avec 4 centimètres, mais avec un surcroît de main-d'œuvre pour fixer les anodes et les cathodes sur les barres transversales des bains. La résistance des bains d'affinage varie entre 0,01 ohm et 0,03 ohm par mètre carré d'anodes.

Ce qui précède montre déjà que plus les surfaces d'anodes sont grandes pour un même dépôt horaire et moins le courant a de résistance à vaincre pour opérer la précipitation du cuivre : par conséquent, moins grande est la force nécessaire pour mettre en mouvement la machine dynamo, ou, ce qui revient au même, moins l'épaisseur du dépôt par heure est grande et moins il faut de travail moteur. Si l'on agissait sur des surfaces infiniment grandes, on pourrait déposer des quantités infinies de cuivre avec une force infiniment

petite. C'est là un fait capital, que M. Gramme a eu l'honneur de mettre le premier en lumière, et sur lequel nous ne saurions trop insister.

Examinons maintenant quelle est la résistance totale des bains dans quelques-unes des applications que nous avons décrites.

A Marseille, la surface d'anodes est de 22 mètres carrés par bain, les électrodes sont à 5 centimètres de distance, et il y a 40 bains. La résistance est pour chaque bain de

$$R = \frac{0,0020 \times 5}{22} = 0,00046 \text{ ohm}.$$

et pour les 40 bains, de 0,0184 ohm.

A Hambourg (nous considérons seulement les deux dernières installations, puisqu'elles constituent un progrès sur la première), nous chercherons la distance des anodes et des cathodes, connaissant la résistance d'un bain.

Cette résistance est égale à celle d'un fil de cuivre de 5 millimètres de diamètre et de 1 mètre de longueur, c'est-à-dire à 0,00084 ohm pour un bain et à 0,1 ohm pour 120 bains.

La surface d'anodes étant de 15 mètres carrés par bain, la résistance par mètre carré est de 0,00084 ohm $\times$ 15 $=$ 0,0126 ohm, l'écartement entre les anodes et les cathodes est donc de :

$$E = \frac{0,0126}{0,002} = 6,3 \text{ centimètres}.$$

A Birmingham, la distance des électrodes est en moyenne de 6 centimètres, et la surface d'anodes par bain, $2^{mq},80$; la résistance d'un bain est donc de :

$$R = \frac{0,0020 \times 6}{2,80} = 0,00428 \text{ ohm par bain}$$

et de 0,20544 ohm pour les 48 bains.

Le travail électrique consommé par le passage du courant dans ces diverses résistances est facile à calculer lorsqu'on connaît l'intensité dudit courant. Or nous avons vu qu'à Marseille on précipitait $10^{kg},40$ de cuivre par heure en 40 bains, c'est-à-dire 260 grammes par bain et par heure; à Hambourg, le dépôt par bain et par heure est de 312 grammes, et à Birmingham, de 270 grammes.

D'autre part, nous savons que chaque ampère libère $1^{gr},18$ de cuivre par heure; l'intensité du courant est donc de :

$$I = \frac{260}{1,18} = 220 \text{ ampères, à Marseille.}$$

$$I_1 = \frac{312}{1,18} = 265 \text{ ampères, à Hambourg.}$$

$$I_2 = \frac{270}{1,18} = 230 \text{ ampères, à Birmingham.}$$

Le travail absorbé par seconde par une résistance R, traversée par un courant d'une intensité I, est donné par la formule

$$T = \frac{I^2 R}{g}$$

En appliquant cette formule aux trois applications que nous analysons, on trouve pour :

$$\text{Marseille } T = \frac{\overline{220}^2 \times 0,0184}{9,81} = 89,06 \text{ kgm. par seconde} = 1,2 \text{ chevaux.}$$

$$\text{Hambourg } T_1 = \frac{\overline{265}^2 \times 0,1}{9,82} = 705 \text{ kgm. par seconde} = 9,5.$$

$$\text{Birmingham } T_2 = \frac{\overline{230}^2 \times 0,2054}{9,81} = 1107,6 \text{ kgm. par seconde} = 14,7.$$

Le travail absorbé par les résistances métalliques est très faible, on peut l'estimer à 1 pour 100 du travail absorbé par le bain.

La polarisation des électrodes, qui dépend surtout de la composition des cuivres bruts, consomme une énergie mécanique variant entre 5 et 10 pour 100 du travail total.

DÉSIGNATION DES USINES.	POIDS DU CUIVRE RAFFINÉ EN KILOGRAMMES		PUISSANCE EN KILOGRAMMÈTRES PAR SECONDE					PUISSANCE TOTALE EN CHEVAUX.
	par heure.	par cheval-vapeur.	par kilogramme de cuivre.	pour traverser les bains.	pour les machines.	pour la polarisation et autres causes non déterminées.	totale.	
Norddeutsche Affinerie de Hambourg	37,50	3,12	24	705,00	105	91,00	910	12
Hilarion Roux, à Marseille.	10,40	2,65	29	89,96	82	128,94	300	4
Elliot's Metal Company, à Birmingham	13,00	0,67	115	1107,60	200	152,40	1400	19

Enfin, le rendement des machines atteint 90 pour 100, avec une bonne utilisation, et descend à 70 pour 100, lorsque la machine chauffe et qu'elle est médiocrement entretenue.

Connaissant les éléments des trois installations qui précèdent, nous avons pu établir le tableau de la page précédente avec une exactitude suffisante pour servir de base à un projet :

Il résulte des calculs précédents qu'en augmentant le nombre des bains et la surface d'électrodes de chaque bain, on peut arriver pratiquement à économiser plus des trois quarts de la force motrice. Quand le combustible coûte cher, il est absolument nécessaire de procéder ainsi : sans cela, les frais d'affinage électrique rendraient l'opération industriellement impraticable.

Capital immobilisé. — Pour déterminer le capital à immobiliser dans une installation d'affinage de cuivre, nous prendrons encore pour exemple les usines de Marseille, de Hambourg et de Birmingham : non que nous sachions exactement ce que ces installations ont coûté, mais cela n'a aucune importance dans l'espèce, car il a fallu faire école, et les dépenses ont été naturellement exagérées. Nous ne considérons ici ces usines que par leur importance et par le système adopté pour le couplage de leurs bains, et nous calculerons ce que coûteraient actuellement des installations analogues.

Une cuve de 1 mètre cube pour l'affinage coûte environ 130 francs vide et 200 francs avec la solution de sulfate de cuivre; ce prix total est doublé pour une cuve de 3 mètres cubes.

Les conducteurs métalliques coûtent généralement 2fr,50 le kilogramme : il faut compter sur 100 kilogrammes par bain de 1 mètre cube, c'est-à-dire sur une dépense de 250 francs. Cette dépense est également doublée pour un bain de 3 mètres cubes.

Une bonne machine à vapeur de 4 à 5 chevaux coûte environ 4500 francs.

Une bonne machine à vapeur de 10 à 15 chevaux coûte environ 9500 francs.

Une bonne machine à vapeur de 20 chevaux coûte environ 12 000 francs.

Les machines dynamo-électriques, employées en électrolyse, peuvent être évaluées sur la base de 500 francs par cheval électrique, ce qui correspond à 7500 volt-ampères.

Avec ces éléments, nous pouvons déjà résumer les frais de premier établissement des trois usines en question.

FRAIS DE PREMIER ÉTABLISSEMENT

USINES PRISES POUR TYPES.	NOMBRE DE BAINS POUR UNE INSTALLATION.	CAPACITÉ DES BAINS.	FORCE MOTRICE NÉCESSAIRE.	DÉPENSES des bains.	des conducteurs.	des moteurs.	des dynamos.	totales.	par tonne de cuivre affiné et par an.
		m. c.	ch.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Hilarion Roux, à Marseille.	40	3	»	16 000	20 000	4 500	2500	42 000	466
Norddeutsche Affinerie, à Hambourg. .	120	2	12	36 000	48 000	9 500	5000	98 500	310
Elliot's Metal Company, à Birmingham.	48	1	20	9 600	12 000	12 000	9500	43 100	414

La quantité de cuivre en traitement, qui joue le principal rôle dans le capital immobilisé, est inversement proportionnelle à la rapidité des dépôts. A Hambourg, dans une seule installation, il y a environ 1200 mètres carrés de cathodes et 1200 mètres carrés d'anodes, en y comprenant les parties hors des bains. L'épaisseur des anodes est de 10 millimètres, l'épaisseur des cathodes est de 1 millimètre. Le poids total du cuivre en traitement est de 125 tonnes.

Le cuivre brut suit un cours commercial variable, ce qui en cas de baisse persistante, peut être très préjudiciable aux usines qui en traitent lentement de grandes quantités à la fois. Pour fixer les idées, comme il ne s'agit ici que de comparer entre eux plusieurs systèmes d'installation nous pouvons admettre le prix de 1600 francs la tonne (c'est le prix moyen des deux dernières années).

La valeur du cuivre en traitement dans une des installations de la *Norddeutsche-Affinerie*, à Hambourg, représente donc la somme énorme de 200 000 francs. En admettant une production annuelle de 330 tonnes, nous voyons que chaque tonne traitée exige pour 606 francs de cuivre constamment dans les cuves.

A Marseille, il y a 55 tonnes de cuivre immobilisées, ce qui représente un capital de 73 000 francs pour une production annuelle de 80 tonnes ou 910 francs par tonne de cuivre raffiné.

A Birmingham, il n'y a que 9840 kilogrammes de cuivre en traitement, d'une valeur totale de 15 744 francs pour une production annuelle de 104 tonnes, ce qui réduit cette partie du capital immobilisé à 151 francs par tonne de cuivre traité.

L'emplacement est également un des facteurs de la dépense d'établissement, facteur très variable suivant les pays, mais qui peut être

compté à 100 francs le mètre au minimum, à cause des constructions à édifier sur le terrain.

L'installation des 120 bains, à Hambourg, les couloirs de service, les salles des moteurs et des machines électriques, etc., etc., exigent un espace de 660 mètres carrés, ce qui, avec le chiffre de 100 francs le mètre pris pour base, correspond à 66 000 francs de dépenses pour 330 tonnes par an ou à 200 francs par tonne.

A Marseille, avec 40 bains, il faut admettre un espace de 300 mètres carrés pour l'ensemble des services. Cette surface peut donc être évaluée à 30 000 francs pour 80 tonnes de production annuelle, ou à 375 francs par tonne annuelle.

A Birmingham, 160 mètres carrés peuvent suffire à une production de 104 tonnes, ce qui correspond à une dépense totale de 16 000 francs, ou à 154 francs par tonne de cuivre.

En additionnant ces diverses dépenses nous obtenons la valeur totale du capital à immobiliser par tonne de cuivre raffinée chaque année.

USINES.	PREMIER ÉTABLISSEMENT.	MÉTAL DANS LES CUVES.	EMPLACEMENT.	DÉPENSES TOTALES.
	fr.	fr.	fr.	fr.
Marseille	466	910	200	1576
Hambourg	310	606	375	1291
Birmingham	414	151	154	719

Prix de revient de l'affinage du cuivre. — Les frais de traitement électrolytique du cuivre se composent :

1° De l'intérêt du capital engagé;

2° Du combustible et des frais accessoires du moteur;

3° De la main-d'œuvre;

4° De l'entretien et de l'amortissement du matériel;

5° Et des frais généraux.

Pour l'intérêt du capital engagé, on peut admettre le taux de 5 pour 100; quoique les usines qui affinent le cuivre appartiennent généralement à des négociants en métaux, lesquels ont presque toujours en dépôts de grandes quantités de cuivre, pour parer aux fluctuations des cours, et qu'il leur soit sinon indifférent, du moins peu onéreux, d'avoir ce cuivre dans les bains d'affinage ou dans les magasins. Cependant, dans le cas d'une baisse rapide et persistante, les gros approvisionnements peuvent causer un notable préjudice; c'est pourquoi l'intérêt de 5 pour 100 doit être maintenu tous les ans en prévision d'une situation anormale ne se produisant que rarement.

Nous pouvons compter sur un prix de 20 francs par tonne de charbon, en faisant toutefois observer que ce prix est trop élevé pour Birmingham, convenable pour Hambourg et tout à fait insuffisant pour Marseille. Cependant, comme il s'agit d'une comparaison, nous le conservons uniforme; il sera toujours facile de refaire nos calculs en prenant pour base le prix des localités où l'on se trouve.

Une machine de 4 à 5 chevaux consomme 20 kilogrammes de charbon par heure, exige pour sa conduite un chauffeur à 50 centimes par heure, et donne lieu à des frais accessoires qu'on peut évaluer à 20 centimes l'heure; l'ensemble constitue une dépense de 1fr,10 par heure.

Une machine de 12 chevaux consomme 30 kilogrammes de charbon par heure, exige un chauffeur à 60 centimes l'heure et donne lieu à des frais de graissage et accessoires d'environ 40 centimes l'heure; l'ensemble coûte donc approximativement 1fr,60 par heure.

Une machine de 20 chevaux dépense 50 kilogrammes de charbon par heure, exige un chauffeur principal à 70 centimes l'heure et occasionne 60 centimes de frais accessoires par heure. L'ensemble coûte donc 2fr,30 par heure.

Les frais d'entretien et d'amortissement des appareils en mouvement sont au minimum de 10 pour 100 du prix d'achat; ceux des bâtiments de 5 pour 100. Les conducteurs électriques, qui conduisent le courant dans les bains, ne s'altèrent pas, leur valeur suit naturellement le cours du cuivre; nous ne pouvons pas tenir compte des variations de ces prix dans nos calculs.

La main-d'œuvre est de 75 centimes par heure, 18 francs par jour, dans une usine de 40 bains, et le double dans une usine de 120 bains.

Les frais généraux peuvent être évalués à 100 pour 100 du prix de de la main-d'œuvre, dans de grandes installations, de 200 à 300 bains par exemple, et, à 150 pour 100 de la main-d'œuvre dans des installations de 40 à 50 cuves seulement.

Les données précédentes permettent d'établir un tableau comparatif de toutes les dépenses nécessitées par l'affinage électrique du cuivre.

Nous ne saurions trop répéter que ces chiffres n'ont rien d'absolu, ils s'éloignent cependant assez peu de la vérité pour pouvoir servir de base à un projet. Ils donnent une idée exacte des éléments qui constituent le prix de l'affinage électrique du cuivre et leur véritable intérêt réside dans la comparaison qu'ils permettent d'établir entre diverses dispositions d'usines.

Le prix du charbon, à Birmingham, est très inférieur à celui que nous avons pris pour base, mais en lui donnant une valeur minimum

de 6 francs la tonne, rendu à l'usine ; nous trouvons encore pour la dépense de force motrice $1^{fr},60$ par heure, ce qui correspond à 125 francs par tonne de cuivre. En laissant tous les autres frais sans variation, on arrive au total de $306^{fr},45$, c'est-à-dire à une dépense très supérieure à celle de l'usine de Hambourg. L'intérêt du capital engagé ne représente qu'une assez faible partie du prix de revient à Birmingham, tandis qu'à Hambourg il constitue la dépense principale.

PRIX DE REVIENT DE L'AFFINAGE DU CUIVRE PAR L'ÉLECTRICITÉ

USINES PRISES COMME TYPES.	DÉPENSES PAR TONNE DE CUIVRE AFFINÉ.					
	Intérêt du capital.	Force motrice.	Entretien.	Main-d'œuvre.	Frais généraux.	Totales.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Hilarion Roux, à Marseille. . . .	78,80	112,00	18	72,00	108,00	388080
Norddeutsche Affinerie, à Hambourg	64,65	39,50	12	40,00	40,00	196,05
Elliot's Metal Company, à Birmingham.	35,95	180,00	30	57,75	57,75	361,45

Comme il était facile de le prévoir, deux installations, celles de Hambourg et de Marseille, faites avec les mêmes éléments et dans le même esprit, donnent des résultats essentiellement différents, par suite de leur grandeur respective. A Hambourg, où l'on opère en grand, le prix total d'affinage est de 200 francs environ, tandis qu'à Marseille, où l'usine est de faible importance, ce prix atteint presque le double. La disposition de 120 bains en tension et la surface considérable d'anodes est bien préférable à celle de 48 bains de faible surface, malgré le capital énorme immobilisé dans le premier cas.

Si, au lieu d'employer une machine à vapeur comme force motrice, on faisait usage d'une chute d'eau, il serait encore utile d'adopter la disposition choisie par Hambourg, pour affiner le cuivre économiquement. Le travail obtenu par une roue ou une turbine n'est pas aussi bon marché que beaucoup de personnes se l'imaginent. Le graissage et l'entretien du moteur, les réparations des vannes, des déversoirs, des canaux de dérivation et des biefs occasionnent annuellement des frais souvent fort élevés. Nous connaissons des usines où la force hydraulique coûte aussi cher que celle qui est fournie par une machine à vapeur, chauffée avec de la houille à 10 et même à 15 francs la tonne. Généralement le débit de l'eau est irrégulier, et il arrive fréquemment qu'on est forcé d'adjoindre un moteur à vapeur,

pour éviter le chômage partiel d'un établissement placé sur un cours d'eau, ce qui augmente naturellement les frais de premier établissement et, par suite, le prix total des débours par tonne.

En combinant toutes les meilleures dispositions possibles : force hydraulique, grand nombre de bains en tension, minimum de cuivre en traitement, etc., on arriverait, croyons-nous, à créer une manufacture qui raffinerait le cuivre à 150 francs la tonne; mais il serait difficile, sinon impossible, de descendre au-dessous de cette dépense, surtout si l'on ne négligeait rien pour obtenir du cuivre bien pur, ayant une haute conductibilité électrique.

En résumé, l'épuration du cuivre brut par l'électrolyse exige de grands emplacements, des capitaux considérables et coûte fort cher. Il est juste d'ajouter que les cuivres bruts contiennent généralement une petite proportion d'or et d'argent, et que les dépenses d'affinage sont souvent compensées, et au delà, par la valeur des sous-produits[1]; d'autre part, le cuivre est beaucoup plus pur que dans les traitements métallurgiques, et sa haute conductibilité lui donne une plus-value importante. HIPPOLYTE FONTAINE.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

VICTIMES DE L'ÉLECTRICITÉ. — Nous regrettons d'avoir à enregistrer la mort accidentelle de deux personnes tuées, à deux mois de distance, par des chocs reçus dans la manipulation imprudente d'appareils d'éclairage électrique dont la surveillance leur était confiée.

Dans le premier cas, Henry Pink, un jeune homme de vingt-un ans, et chargé, comme aide, de la surveillance des machines dynamos de MM. Edmunds et Goolden à l'Exposition internationale d'hygiène (*Health Exhibition*) ayant placé simultanément les deux mains sur une des deux machines de cette installation, a été tué sur le coup. Le cadavre ne présentait aucune marque extérieure à l'exception d'une sorte de brûlure entre le pouce et l'index de la main gauche. A l'autopsie, l'état du cœur et des veines, ainsi que l'état du sang, présentaient tous les caractères de la mort par une décharge électrique.

Cet accident avait lieu le 27 septembre dernier. Deux mois plus

[1] Le prix de vente des cuivres bruts aux affineries s'est naturellement ressenti de la teneur en métaux précieux; mais l'industrie, en général, bénéficie de ce traitement qui met sur le marché des cuivres excellents à un prix relativement modéré.

tard, le 25 novembre, un accident analogue, et dont le résultat était également fatal, avait lieu aux aciéries d'Eston de la maison bien connue Bolckow, Vaughan et C°, de Middlesbrough. Une portion de cette usine est éclairée électriquement au moyen du système Brush. Dans le cours de la soirée, le mécanicien Moore ayant remarqué que la lumière d'un foyer était très instable et, dans l'intention de régler la lampe défectueuse, manipula celle-ci d'une façon tellement malheureuse qu'il fut tué instantanément par la décharge électrique. Moore avait pris des précautions, s'était servi d'un morceau de bois pour soulever l'un des crayons; mais dans le cours de cette opération le foyer s'étant éteint subitement, il a dû saisir la lampe avec les deux mains soit accidentellement, soit avec la croyance que la machine dynamo était arrêtée et que le courant ne passait plus. Cette erreur lui a coûté la vie. M. Crompton, écrivant aux journaux à propos du premier accident, dit qu'il n'a jamais observé d'accident compromettant l'existence ou même la santé de personnes s'étant trouvées en contact avec des fils conducteurs dans lesquels passait un courant électrique dont la force électromotrice ne dépassait pas 600 volts.

Il ajoute qu'on emploie des pressions plus considérables en pratique par raison d'économie, le poids et le coût des fils conducteurs devenant considérable lorsqu'une installation couvre une grande surface ; mais que, dans ce cas, l'Administration de l'Exposition n'était pas justifiée à considérer ces questions d'économie en présence du danger qu'il y avait à employer de telles pressions dans un endroit non protégé et où une foule curieuse se pressait constamment.

Le professeur W. H. Stone, censeur du Collège des médecins, poursuit, depuis quelque temps, une étude de ces cas particuliers, au double point de vue physique et physiologique, et la publication de ce travail ne pourra manquer d'être intéressante.

M. Stone a fait, dans les bâtiments de la *Health Exhibition*, et devant les membres de la *Society of Telegraph-Engineers and Electricans*, une conférence très intéressante sur les relations physiologiques de l'électricité avec la santé, et ce mémoire est publié tout au long dans le dernier bulletin (n° 55) de ladite Société.

Éclairage électrique en Amérique. — M. W. H. Preece vient de faire part, dans une conférence récente donnée à la *Society of Arts*, de ses impréssions résultant des observations qu'il a pu faire sur l'état de la question de l'éclairage électrique pendant son voyage en Amérique à l'occasion du dernier meeting de la *British Association* à Montréal (Canada).

Le tableau qu'il trace de l'activité de cette industrie en ce pays

est tout à fait rassurant ; et comme le conférencier ne peut pas être accusé d'optimisme en la matière, il nous reste à conclure que le cousin Jonathan est de beaucoup en avance sur la France et l'Angleterre, et à souhaiter que ces pays montrent un peu plus d'initiative et d'esprit pratique dans l'adoption de procédés qui, s'ils n'ont pas encore atteint le dernier degré de perfection, sont néanmoins dans des conditions telles qu'il peuvent rendre et rendent en effet d'éminents et nombreux services.

M. Preece estime qu'il y a probabement 90 000 foyers électriques à arc brûlant, toutes les nuits, aux États-Unis. Il compare son départ de New-York à son arrivée à Londres, à neuf jours de distance. Lors de celui-là, toute la distance qu'il parcourut (environ 6 1/2 kilomètres de rues) de l'hôtel Windsor à l'embarcadère de la Compagnie Cunard était éclairée électriquement ; lors de celle-ci, le 30 octobre, il parcourut la distance entre les stations de Euston et Waterloo (près de 4 kilomètres) sans apercevoir un seul foyer électrique. Dans tous les endroits qu'il a visités : Montréal, Philadelphie, Buffalo, Cleveland, Chicago, Saint-Louis, Indianopolis, Boston, New-York, il a trouvé les principales rues, magasins, entrepôts, lieux publics éclairés électriquement, presque exclusivement, au moyen de lampes à arc lesquelles semblent être en grande faveur aux États-Unis. Un fabricant lui dit qu'il produisait 800 000 crayons pour lampes à arc par mois ; un autre produit journellement 50 lampes à arc et trois dynamos ; et, en sa présence, lors d'une visite dans une troisième fabrique, un ordre arriva, commandant une installation de 330 lampes à arc et 14 dynamos de 24 foyers chacune, pour l'éclairage d'un parc aux environs de Chicago. Différents systèmes sont en usage ; à Montréal, 164 lampes à arc Thomson-Houston éclairent les rues et un certain nombre de magasins. Le coût pour le consommateur étant de $2^{fr},50$ par lampe et par nuit, du crépuscule à minuit ou $912^{fr},50$ par an. A Philadelphie, la Compagnie Brush fournit environ 1000 foyers, la force motrice employée étant de 1200 chevaux. Le coût est de 1500 francs par lampe et par année. Le même système est employé à Boston où la Compagnie entretient 816 lampes à arc. Environ 25 000 lampes à arc du système Brush sont employées aux États-Unis. Le coût à New-York est de 1250 francs par lampe et par année, la Compagnie d'éclairage étant passible d'une amende de $0^{fr},60$ pour chaque extinction de lampe.

La lumière à arc est exclusivement employée dans l'éclairage des rues. L'éclairage par incandescence, employé pour l'intérieur des habitations, ne paraît pas être appliqué dans les mêmes proportions qu'en Angleterre. La Compagnie Edison a fondé une station centrale à New-York, laquelle a été inaugurée le 3 septembre 1882 ; depuis

cette époque jusqu'à ce jour, deux heures et demie d'extinctions ont eu lieu, la cause en étant attribuée à la négligence.

Cette station alimente 587 abonnés employant ensemble 12 764 lampes ; le courant est disponible jour et nuit et le coût correspond au prix du gaz de 0fr,335 par mètre cube ; le prix du gaz a été, depuis, réduit à 0fr,255 par mètre cube. Les compteurs-bouteilles, système Edison, servent à mesurer la consommation, et ils sont exacts à 1 pour 100 près. L'emploi des accumulateurs est limité.

En résumé, M. Preece, parlant de l'influence exercée par l'éclairage électrique sur la moralité et la sécurité du public, dit que le chef de la police de New-York a été jusqu'à dire que *chaque foyer électrique installé équivalait à la suppression d'un policeman.*

Éclairage électrique des trains. — Nous avons décrit en son temps l'éclairage du train express de voitures Pullman, circulant entre Londres et Brighton et que la *London Brighton and South Coast Railway C°* avait fait installer, il y a bientôt trois ans, après des essais préliminaires satisfaisants. Ainsi qu'on se le rappellera, le train en question était éclairé au moyen de lampes à incandescence Swan alimentées par des accumulateurs disposés dans un compartiment spécial du fourgon.

La main d'œuvre nécessitée par l'obligation du déplacement et transport des accumulateurs du fourgon au lieu de leur chargement et *vice versa* a toujours été considérée, par les autorités de ladite Compagnie, comme un obstacle à leur usage pratique et économique.

De nombreux essais dans d'autres directions ont été conduits, et la Compagnie en question paraît, pour le moment, disposée à adopter un certain système qui fonctionne depuis une année à sa satisfaction ; dans tous les cas, des expériences de ce système vont avoir lieu sur une échelle suffisante pour juger de ses mérites.

Le 25 novembre dernier, les autorités du *Board of Trade* étaient conviées, par la Compagnie du chemin de fer, à un examen du système en question et s'y faisaient représenter par le major-général Hutchinson, colonel Yolland, colonel Rich, major Marindin, major Armstrong et M. Calcraft ; la Compagnie du chemin de fer était représentée par son haut personnel administratif et technique, et, parmi les invités, on remarquait nombre de personnages intéressés à divers titres dans l'industrie de l'éclairage électrique. Le système employé consiste à actionner, par l'essieu du fourgon, et l'intermédiaire d'une transmission et de courroies, une machine dynamo-électrique placée, avec deux séries accumulateurs, dans le compartiment du garde ou serre-frein.

Lorsque le train a acquis, après le départ, une vitesse convenable, la dynamo est mise en marche et le courant produit sert à alimenter les deux séries accumulateurs ; ceux-ci fournissent le courant aux foyers. Un appareil automatique interrompt l'alimentation lorsque les accumulateurs sont chargés au maximum et la rétablit lorsque cela est devenu nécessaire par la dépense pour les lampes du courant ainsi accumulé. Le serre-frein a la commande de l'éclairage sous la main, et peut, pendant le jour, éclairer le train au passage des tunnels par une simple manœuvre de commutateur, les accumulateurs étant constamment en charge. Le train ainsi équipé est composé de trois wagons de première classe, deux de seconde classe, un mixte (premières et secondes) et cinq de troisième classe, ou 11 wagons en tout ; 14 lampes de 16 bougies éclairent les premières classes, 8 les secondes et 10 les troisièmes, soit 32 lampes en tout, l'éclairage total étant ainsi de 512 bougies. Le train, qui appartient au trafic suburbain de la Compagnie et voyage sur la ligne du Palais de Cristal a, depuis le 19 décembre 1883, fait 2352 voyages et parcouru environ 44 000 kilomètres, le fonctionnement de l'éclairage ayant été trouvé satisfaisant pendant tout ce temps et tout ce parcours.

A l'occasion de la visite du *Board of Trade*, le train fit, dans des conditions qui charmèrent tous les invités, un voyage d'aller et de retour de Victoria Station au Crystal Palace.

La dynamo employée (Brush) pèse environ 400 kilogrammes, et les deux séries d'accumulateurs 50 kilogrammes chacune ou 100 ensemble. Le poids total d'une pareille installation est donc de moins d'une 1/2 tonne. La Compagnie possède un autre train suburbain éclairé de la même façon, ainsi que l'express de Brighton ; un quatrième train est en voie d'équipement.

Il est hors de doute que, comme nous l'avons déjà dit, lorsque la question de l'éclairage des trains aura reçu une solution suffisamment pratique pour justifier son adoption, même partielle, cela donnera essor à une grande industrie comme celle de l'éclairage électrique des navires, qui a pris un si grand développement en Angleterre.

Mais la question d'un système définitivement pratique n'est pas encore résolue. En effet, au point de vue de la composition des trains, il reste à voir que les connexions à effectuer n'entraînent pas de complications dans la manœuvre et de pertes de temps; le système en question ne résout pas non plus la question de l'obscurité lorsque des wagons sont isolés pour une cause quelconque, comme, par exemple, lorsqu'un train est coupé en deux pour les besoins du service. Enfin il reste, comme dans le cas de toute installation d'éclairage électrique, la question d'extinction possible, par cause d'accident

à la dynamo ou pour d'autres raisons. Ce dernier inconvénient pourrait être atténué par la présence d'une machine de réserve. Enfin, en cas d'accident au fourgon porteur de l'appareillage, l'éclairage de la totalité du train se trouve compromis. Tous ces détails semblent conduire à l'adoption d'un système dans lequel chaque wagon aurait son éclairage indépendant.

Si la dynamo est trouvée, par expérience, le moyen le plus efficace comme production d'électricité, il nous semble que les difficultés que nous résumons plus haut pourraient être, sinon résolues, du moins atténuées dans une grande mesure et sans grandes dépenses. Il s'agirait, pour cela, de disposer des accumulateurs dans chaque wagon, de sorte qu'en cas d'avarie à la source génératrice, ou dans celui de rupture de trains et manipulations de wagon pour causes de service, ou encore d'accidents quelconques, le courant accumulé puisse être utilisé pendant un délai qui, si court qu'il soit, ne représentera pas le passage subit et imprévu du jour à la nuit.

En résumé, ce qui se passe actuellement dans le fourgon particulier du serre-frein aurait lieu dans chaque wagon composant le train.

L'Éclairage électrique a la Health Exhibition. — M. W. D. Gooch. l'ingénieur électricien chargé du service de l'éclairage électrique des bâtiments et jardins de l'Exposition d'hygiène tenue l'été dernier à Londres, donne les quelques renseignements statistiques suivants concernant l'importance de cet éclairage :

L'espace occupé par l'installation des chaudières, moteurs, et machines dynamos était, cette année, presque le double de celui occupé par l'installation correspondante de l'Exposition, de l'année précédente, des Pêcheries (*Fisheries*). La force motrice consistait en 11 chaudières et 6 machines à vapeur d'une force totale de 1306 chevaux-vapeur indiqués. La consommation totale de charbon s'est élevée à 1180 tonnes, et le calcul établit que la consommation par heure et par cheval-vapeur indiqué est restée au-dessous de 1,425 kg. Dans une soirée de travail, deux des machines motrices système compound, sur laquelle on a relevé la consommation, on a trouvé 1 kilogramme par cheval-heure. Les lampes à incandescence réparties dans l'Exposition, excédaient le chiffre de 5000, contre 2800 à l'Exposition des Pêcheries ; et les foyers à axe étaient au nombre de 344, contre 241 l'année dernière.

La surface totale éclairée par les lampes à incandescence était de 13 400 mètres carrés et la puissance lumineuse environ 90 000 bougies (9400 carcels). Les foyers à arc illuminaient une surface de

23 750 mètres carrés avec une puissance lumineuse de 285 850 bougies (30 000 carcels), ou environ 12,2 bougies (1,28 carcel) par mètre carré, donnant une moyenne d'environ 0,67 carcel par mètre carré.

L'estimation de la vie ou durée d'une lampe à incandescence est très difficile, étant données les causes accidentelles qui, dans une installation de ce genre, ont en quelque sorte été plutôt la règle que l'exception. Il est avéré qu'il existe actuellement huit ou neuf systèmes de lampes à incandescence sur lesquelles on peut pratiquement compter.

Vers la fin du mois de novembre dernier, à l'une des séances de la *Society of Arts*, présidée par le duc de Buckingham et Chandos, M. Ernest Hart a fait une conférence sur l'Exposition d'hygiène, et, faisant allusion au grand succès de cette Exposition, a terminé son discours comme suit :

« La démonstration pratique, résultant de cette exhibition, du fait que le peuple anglais est anxieux de profiter des saines occasions de s'amuser au dehors est, en elle-même, un résultat valable et une expérience importante. Ce n'est pas peu que d'avoir acquis la conviction que nos espaces ouverts pourraient et devraient être consacrés sur une plus grande échelle aux récréations en plein air du peuple qu'ils ne le sont à présent. Pourquoi n'apprendraient-ils pas, d'après le succès de la musique et de l'éclairage des jardins de la *Heallh Exhibition*, que nos grands parcs devraient tous être électriquement illuminés la nuit, et que, pendant les mois du printemps et de l'été, des musiques militaires jouent et fassent de ces endroits, qui ne sont pas seulement inutiles, mais encore sont un scandale pour la métropole, des sites de récréations hygiéniques et innocentes ? Il s'est assuré, auprès d'autorités compétentes, que le coût d'un éclairage électrique suffisant pour Hyde Park, lequel ajouterait à la santé et au confort d'une nombreuse population avoisinante, n'entraînerait pas une dépense annuelle de 125 000 francs. Tous se réjouiraient grandement s'il pouvait être établi qu'un des résultats possibles de cette Exposition était de prouver que l'éclairage efficace des parcs et l'introduction de la musique, pour réjouir et attirer le peuple, contribueraient à augmenter la somme de leurs récréations innocentes, de leur santé et de leur bonheur en général. »

L'Éclairage électrique et le Board of Trade. — Une députation de personnages influents, représentant les intérêts des quelques compagnies d'éclairage électrique encore en existence a eu, le 18 novembre dernier, une entrevue avec M. Chamberlain le président du *Board of*

Trade et, par l'organe de lord Thurlow, le porte-parole de la députation, a présenté les griefs dont se plaignent lesdites compagnies, et résultant de la loi votée, il y a à peine deux ans, au sujet de l'éclairage électrique.

Ces griefs sont les suivants :

1° Que les droits concédés aux autorités locales d'acquérir les entreprises d'éclairages électriques comprises dans leurs districts au bout de vingt et un ans et pour une somme décidée par l'expertise sont tels qu'ils équivalent pour les compagnies intéressés, à une prohibition absolue de la fourniture au public de l'éclairage électrique et que la clause établissant ces droits soit supprimée.

2° Que dans les ordres provisoires accordés, d'après ladite loi par le *Board of Trade*, la clause obligeant les Compagnies à établir des conduites ou circuits principaux soit omise, et que les entrepreneurs aient l'option de décider quant à la position et l'étendue des réseaux à établir ; et que le droit d'obliger les entrepreneurs à fournir l'éclairage électrique, soit restreint aux consommateurs s'engageant à prendre une certaine quantité minima annuelle.

3° Que les entrepreneurs soient autorisés à fournir le courant autrement qu'au compteur ; et que, dans de pareils cas, les usages auxquels le courant doit être employé fasse l'objet d'un arrangement entre les entrepreneurs et les consommateurs.

Une discussion intéressante a éu lieu entre les divers intéressés faisant partie de la députation, et M. Chamberlain a longuement et savamment défendu, pour le compte du gouvernement, les dispositions de la loi existante, tout en promettant de considérer avec la plus grande attention, les demandes de la députation.

M. Chamberlain a quelque peu sarcastiquement retourné la table sur les membres de la députation qui venaient d'avouer entre autres que les résultats donnés par des machines dynamos, qui avaient coûté 50 à 75 000 francs, pouvaient être obtenus maintenant par des machines ne coûtant pas plus de 6250 francs ; et que des fils souterrains posés aujourd'hui pouvaient être remplacés demain avec avantage, par des fils d'une fabrication plus nouvelle et mieux entendue. Il leur a reproché de s'être présentés en masse, il y a deux ans, devant le Parlement, lui demandant de passer des lois leur assurant le monopole des voies publiques et de la fourniture de l'éclairage alors que de leur propre aveu, et même en ce moment, ils se considéraient encore dans l'enfance de l'art.

J. A. Berly.

L'UNITÉ DES DÉFINITIONS CONVENTIONS, NOTATIONS ET SYMBOLES ÉLECTRIQUES[1]

La plupart des Sociétés scientifiques en France et à l'étranger ont, à un moment donné, affirmé et affermi leur vitalité par une œuvre plus ou moins grande, plus ou moins utile, plus ou moins durable.

C'est ainsi que l'Association britannique pour l'avancement des sciences a, dès 1864, institué le Comité des étalons de résistance aux travaux duquel nous devons le système C. G. S. adopté et rendu universel dans son application par le Congrès des électriciens de 1881.

Les Sociétés de physique de Londres et de Paris réimpriment en ce moment les travaux des grands physiciens de leurs nationalités respectives pour en perpétuer la mémoire.

C'est une œuvre plus modeste et non moins utile que je voudrais voir entreprendre à notre jeune Société, et pardonnez-moi de n'avoir pas attendu qu'une voix plus autorisée que la mienne vienne prendre l'initiative des propositions que je vais m'efforcer d'exposer devant vous aussi brièvement que possible.

En présence des progrès si rapides de l'électricité théorique et appliquée, il est à craindre que, dans quelques années, le langage électrique considéré dans ses définitions, ses notations et ses symboles ne devienne incompréhensible, non seulement pour les profanes, mais encore pour les adeptes, et que, l'indifférence aidant, les matériaux hétéroclites s'accumulant chaque jour, il ne se crée des confusions regrettables dont la légendaire tour de Babel ne peut donner qu'une idée affaiblie.

Je me propose de rendre évident le mal que je vous signale, en vous citant quelques exemples typiques, et de vous indiquer le remède, remède qu'il dépend de vous, Messieurs, de rendre aussi rapide et aussi efficace que possible.

Le langage électrique repose sur un certain nombre de conventions et de définitions, qui ont tout d'abord besoin d'être universellement acceptées; ces définitions et ces conventions se sont créées peu à peu, au fur et à mesure des besoins; elles sont éparses dans les ouvrages spéciaux et ont besoin d'être réunies pour qu'on puisse adopter les unes et laisser tomber les autres en désuétude, comme ne répondant

[1] Communication faite à la Société internationale des électriciens, le 5 novembre 1884, par M. E. Hospitalier.

plus suffisamment aux besoins de la science actuelle, ou prêtant à des confusions regrettables.

Parmi ces dernières, il serait, à mon avis, urgent de faire disparaître, dès à présent, les noms de *pôle austral* et *pôle boréal* appliqués à un barreau aimanté, et de les remplacer par les noms de *pôle nord* et *pôle sud*, le pôle nord étant celui qui se dirige vers le pôle nord de la terre.

Les confusions auxquelles prêtent les termes pôle austral et pôle boréal se retrouvent également lorsqu'on veut distinguer le pôle positif et l'électrode positive, le pôle négatif et l'électrode négative, les corps électro-négatifs et les corps électro-positifs, etc. Il faudra, là encore, introduire quelques définitions nettes et précises qui fassent disparaître toute ambiguïté.

Il nous manque quelquefois un terme clair et concis pour caractériser un appareil, un montage ou une installation ; d'autres fois nous n'avons que l'embarras du choix, et c'est cet embarras même qu'il convient d'éviter. Lorsqu'on relie entre eux plusieurs éléments de pile par les pôles de mêmes noms, on dit, suivant les auteurs, qu'elles sont montées en quantité, en surface, en batterie, en dérivation ou en arc multiple ; un seul mot devrait être adopté et employé uniformément[1].

Il faudrait, une fois pour toutes, définir nettement les mots *générateur*, *récepteur* et *transformateur*, mots que les inventeurs confondent volontiers, souvent par ignorance, quelquefois volontairement : un *générateur* est un appareil qui, recevant une énergie d'une certaine nature, produit une énergie d'une autre nature, et il emprunte son nom à la nature de l'énergie qu'il *génère ;* un *récepteur* est un appareil analogue au générateur, mais il emprunte son nom à l'énergie qu'il *reçoit.*

Un appareil donné est donc à la fois générateur et récepteur. *Exemple :* un moteur électrique est un générateur de travail mécanique et un récepteur d'énergie électrique : une machine dynamo-électrique est, au contraire, un récepteur de travail mécanique et un générateur d'énergie électrique.

On doit réserver le nom de *transformateur* à un appareil qui, recevant une énergie d'une certaine nature, produit une énergie de même nature, sinon de même forme. *Exemple :* tous les appareils cinématiques sont des transformateurs modifiant la forme du mouvement,

[1] Par suite des analogies et des comparaisons assez commodes entre le courant e l'écoulement d'un fluide, nous aimerions voir appeler le couplage en dérivation le *couplage en volume*, et le couplage en tension *couplage en pression*. Les mots seuls indiqueraient alors comment il faut agir, suivant qu'on a besoin d'augmenter le volume ou la pression d'un courant électrique donné.

direction, vitesse, trajectoire, etc.; les bobines d'induction et les appareils *dits* générateurs secondaires de MM. Gaulard et Gibbs sont des transformateurs, puisque, recevant de l'énergie électrique, ils restituent de l'énergie électrique.

Voici encore des exemples de noms improprement appliqués aux appareils qu'ils servent à désigner. M. Gramme a malheureusement donné le nom d'*auto-excitatrice* à sa machine à courants alternatifs, et c'est justement la *seule* machine du célèbre inventeur qui ne soit pas réellement auto-excitatrice, c'est-à-dire en prenant le sens propre du mot, la seule qui ne s'excite par elle-même.

M. Werner Siemens, de Berlin, appelle *unipolaire* une machine qui, par ses conditions de construction et sans commutateur, fournit toujours un courant *de même sens*. M. Ball réserve le même nom à une machine qui se compose, en principe, d'un anneau Gramme tournant dans le champ magnétique dissymétrique produit par *un seul pôle*. Le même nom ne peut évidemment pas s'appliquer à deux appareils aussi distincts.

Nous avons cité tout à l'heure un cas où nous avions beaucoup trop de mots pour désigner une seule et même chose; en voici un où, au contraire, nous n'avons pas de mot du tout. On appelle fort improprement machines *magnéto-électriques* celles dont l'inducteur est formé par un aimant; *dynamo-électriques* celles dans lesquelles l'inducteur est un électro-aimant. Ces mots sont tellement passés dans la langue qu'il ne faut pas songer à les changer, si faux qu'ils soient; mais comment désigner l'ensemble des générateurs mécaniques d'énergie électrique, c'est-à-dire l'ensemble des appareils qui transforment le travail mécanique en énergie électrique?

Quelques novateurs, voulant faire *du genre* en électricité, font magnéto et dynamo masculins et disent *un magnéto* pour désigner une machine dynamo-électrique, et *un dynamo* pour une machine dynamo-électrique. Il convient, à notre avis, de conserver aux termes abrégés le sexe qu'ils avaient avant de faire l'abréviation, et de dire *une magnéto*, *une dynamo*, comme on dit *un électro* pour un électro-aimant.

Le système des unités magnéto-électriques est aujourd'hui complètement arrêté et nettement défini, mais l'ensemble des définitions (unités C. G. S. et unités pratiques) ne se trouve encore coordonné que dans quelques ouvrages dans lesquels l'auteur s'est placé à son point de vue spécial : il faudrait donc réunir tout cet ensemble d'unités en quelques pages de définitions simples, claires, précises et succinctes.

On ferait ainsi disparaître quelques notions inexactes, comme, par

exemple, celle d'*unités absolues*. Il n'y a plus d'unités absolues, ou plutôt il y a plusieurs systèmes d'unités absolues, mais un seul est officiellement adopté et défini par ses trois unités fondamentales : *Le système C. G. S.*

En coordonnant les unités C. G. S. et les unités pratiques qui en ont été déduites, on éviterait bien des erreurs que commettent encore journellement les auteurs les plus estimés. Nous signalerons, en particulier, la confusion entre l'unité électrique pratique de puissance, le *watt* ou *volt-ampère*, et l'unité électrique pratique d'énergie ou de travail, le *volt-coulomb*.

A la suite des définitions des unités et des grandeurs électriques, il faudra mettre les abréviations par lesquelles il convient de les désigner, les notations qui leur seront spéciales et les symboles destinés à les représenter.

En ce qui concerne les abréviations, on devra adopter les décisions de la Commission internationale du mètre qui a donné une liste complète de toutes les abréviations relatives au système métrique; les abréviations électriques se déduiront assez simplement en imitant ce qui a été fait pour le système métrique.

Ainsi, par exemple, *kgm* représentera le kilogrammètre *mfd* le microfarad, etc. Pour les unités, l'abréviation sera avantageusement remplacée par une notation telle que ω pour l'ohm et Ω pour le mégohm. Lorsque ces abréviations et ces notations seront établies une fois pour toutes, cataloguées en quelque sorte, l'emploi ne tardera pas à en devenir général.

Ne quittons pas la question des notations, sans exprimer le vœu qu'on finisse par s'entendre, une fois pour toutes, pour écrire un nombre entier suivi d'une partie décimale. A l'Académie des sciences et dans bon nombre de publications scientifiques, pas toutes, malheureusement, la virgule sert à séparer la partie entière de la partie décimale; dans les documents administratifs et les publications officielles il règne à ce sujet le plus épouvantable gâchis. Il suffit, pour s'en convaincre, de feuilleter les comptes rendus du Congrès international des électriciens de 1881, ou les rapports du jury de l'Exposition universelle de 1878. Les virgules, les points et les blancs seront jetés à tort et à travers, sans aucune règle, et souvent en sens inverse, à quelques pages d'intervalle.

L'uniformité des symboles est peut-être la plus désirable et la plus difficile à obtenir. Deux symboles seulement sont aujourd'hui universellement adoptés : le rapport de la circonférence au diamètre π, et la base des logarithmes naturels ou népériens représentée par la lettre e. Comme les grandeurs à représenter sont plus nombreuses que les

symboles dont on fait un usage journalier, il y aura certaines difficultés à obtenir qu'une lettre donnée ne représente toujours qu'une seule et même grandeur. Mais on pourra sans doute obtenir, par exemple, que les lettres L, M et T désignent toujours une longueur, une masse et un temps ; que les cinq grandeurs électriques principales soient toujours représentées par les lettres I, E, R, Q et C, et enfin, et surtout, que, dans le même ouvrage, les mêmes lettres ne changent pas plusieurs fois de signification, ce qui amène à réétudier à nouveau les notations, quelquefois même à les confondre.

Cette obligation d'éviter des confusions dans les symboles conduira à adopter des lettres nouvelles pour le travail, la puissance, l'intensité de champ, le flux de force et le coefficient de self-induction.

Nous croyons qu'il sera commode d'adopter *les mêmes symboles* pour les grandeurs ayant *les mêmes dimensions*, ce qui réduirait considérablement le nombre de ces symboles et faciliterait les calculs, quitte à les affecter d'un indice spécial chaque fois que cela serait nécessaire. Ainsi, par exemple, les symboles L, L_s et L_m indiqueraient respectivement une longueur, un coefficient de self-induction et un coefficient d'induction mutuelle, car on sait que ces trois grandeurs sont homogènes à une longueur.

Nous arrêterons là nos exemples; ils suffisent d'ailleurs, à notre avis, à montrer combien la question est urgente et combien il est nécessaire de lui donner une solution.

Il me reste maintenant à vous indiquer le moyen pratique par lequel l'uniformité des définitions, notations, conventions et symboles ne restera pas lettre morte et pourra facilement et rapidement recevoir une sanction.

Que la Société internationale des électriciens nomme une Commission recrutée dans son sein, chargée de réunir les documents, d'étudier la question et de résumer en un opuscule aussi bref que possible l'ensemble des décisions qu'elle croira devoir prendre pour atteindre le but proposé.

Les travaux de cette Commission seront considérablement facilités par ce fait qu'il s'agit principalement de réunir, de condenser et de coordonner des décisions et des renseignements épars dans les travaux des différentes Sociétés savantes qui ont, à diverses époques, étudié séparément les différents points de la question et tranché la plupart des difficultés.

Il y aura, pour rendre le travail complet, quelques lacunes à remplir, quelques décisions à prendre, mais nous estimons que la Société internationale des électriciens a toute autorité pour prendre cette initiative et faire accepter ses décisions.

En se conformant aux usages adoptés, en appelant la discussion sur les points nouveaux qui paraîtraient douteux, la Société pourra très rapidement créer un ensemble uniforme et complet de définitions, conventions, notations et symboles électriques; elle l'imposera à tous les travaux qui lui seront présentés et qu'elle insérera dans son Bulletin ; les autres nations ne tarderont pas à suivre son exemple et à adopter ses décisions, comme elles ont toutes implicitement adopté le système métrique en se ralliant au système C. G. S. C'est ainsi que notre jeune Société aura contribué à une œuvre utile et grande, sinon par l'élévation du but scientifique, du moins par la fécondité des résultats.

Nous proposons donc la nomination d'une *Commission des notations électriques* chargée d'étudier la question et de donner à notre proposition la sanction qui lui semblera la meilleure dans l'intérêt de la science électrique.

M. G. Cabanellas et plusieurs autres membres de la Réunion appuient les conclusions de M. Hospitalier.

Sur la proposition du Président, l'Assemblée décide qu'une Commission spéciale sera nommée à l'effet de rechercher les meilleures méthodes à adopter pour les notations électriques et de codifier ces notations.

M. le Président propose, au nom du Bureau, d'appeler à faire partie de la *Commission des notations électriques :*

MM. Ed. Becquerel, E.-E. Blavier, Marié-Davy, Tresca.

MM. H. Becquerel, G. Cabanellas, J. Carpentier, Gauthier-Villars, E. Hospitalier, Maurice Lévy, G. Lippmann, Félix Lucas, Mercadier, de Méritens, D. Monnier, D. Napoli, Pollard, J. Raynaud, V. Williot.

L'Assemblée adopte cette liste à l'unanimité.

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DES LAMPES TROUVÉ

Nous allons compléter les renseignements que nous avons donnés sur les nouvelles lampes de M. G. Trouvé en donnant quelques chiffres relatifs à leurs conditions de fonctionnement moyennes.

L'élément domestique pèse tout chargé, prêt à fonctionner, 3,5 kilogrammes; il renferme six éléments au bichromate en tension. Chacun

de ces éléments se compose de trois cylindres de charbon et d'un cylindre de zinc, et d'une provision de 100 centimètres cubes de solution. Le poids de chaque cylindre de zinc allié à 8 ou 10 pour 100 de mercure est de 85 grammes, soit 500 grammes pour les 6 éléments.

Il résulte des mesures faites à l'École de physique et de chimie industrielles que la f. é. m. est de 1,9 volt et la résistance de 0,33 par élément. Dans les conditions de puissance maxima, ils peuvent donc débiter 3 ampères.

En réalité, les 6 éléments montés en tension sur la lampe fournissent un courant de 1,2 ampère et 8,4 volts disponibles aux bornes, soit 1,4 volt par élément. La puissance absorbée est de 10 watts, soit sensiblement 1 kilogrammètre par seconde.

En supposant que les lampes du type adopté par M. Trouvé consomment 3 watts par candle, on obtient une puissance lumineuse de 3 candles environ.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 24 novembre 1884.

De l'action de la chaleur sur les piles, et de la loi de Kopp et de Wœstyne. — Note de M. G. Lippmann. (Renvoi à la section de physique.)

On sait que certains éléments galvaniques ont une force électromotrice variable avec la température. Tels sont notamment les éléments à dépolarisant solide : élément à chlorure d'argent, élément de Latimer Clark (zinc-sulfate de zinc, sulfate de mercure); élément à calomel (zinc-chlorure de zinc, calomel-mercure). On sait également que les éléments à force électromotrice variable jouissent d'une propriété remarquable : c'est que l'énergie qu'ils mettent en jeu sous forme de courant n'est pas égale à l'énergie de l'action chimique mesurée au calorimètre; la différence entre les deux quantités est due à ce que de la chaleur empruntée au milieu ambiant vient se joindre à la chaleur chimique, pour se transformer en même temps en travail électrique ou mécanique. Cet emprunt de chaleur au milieu ambiant a été démontré analytiquement par M. Helmholtz, et vérifié expérimentalement par M. Czapski[1].

[1] *Annal. de Wiedemann*, n° 2, 1884.

Quels sont les éléments de pile qui possèdent ainsi une force électromotrice variable avec la température? Telle est la question que je me propose de résoudre par l'analyse.

Soient e la force électromotrice d'un élément, m la quantité d'électricité qui l'a traversé à un moment quelconque, θ la température absolue. Le fonctionnement de l'élément altère la concentration du liquide, et la force électromotrice varie avec cette concentration; il faut donc introduire la concentration comme variable. A cet effet, imaginons que l'élément soit placé dans un corps de pompe rempli de vapeur d'eau, de tension maxima p; en faisant varier le volume v compris sous le piston, on condensera ou l'on vaporisera l'eau, et par suite on pourra faire varier d'une manière arbitraire et continue la concentration du liquide. L'état du système dépend donc des trois variables indépendantes θ, m et v. Si l'élément est régénérable par le le courant, on peut lui faire parcourir un cycle fermé. Dans ce cas, il y a équivalence entre le travail extérieur T et la chaleur absorbée Q. En appelant A l'inverse de l'équivalent mécanique de la calorie, il faut que l'expression

$$dU = dR - AdT$$

soit une différentielle exacte. Or on a, d'une part, $dT = pdv + edm$. D'autre part, on a:

$$dQ = cd\theta + l_1dm + l_2dv,$$

c étant la capacité calòrique de l'élément, l_1 et l_2 des coefficients différentiels dont la signification est évidente. Par suite, pour que dU soit une différentielle exacte, on a les trois équations de condition nécessaires suivantes :

$$\frac{dc}{dm} = \frac{dl_1}{d\theta} - A\frac{de}{d\theta}, \qquad (1)$$

$$\frac{dc}{dv} = \frac{dl_2}{d\theta} - A\frac{dp}{d\theta}, \qquad (2)$$

$$\frac{di_1}{dv} - A\frac{de}{dv} = \frac{dl_2}{dm} - A\frac{dp}{dm}. \qquad (3)$$

Si le cycle considéré est non seulement fermé, mais réversible, il faut que le principe de Carnot soit satisfait, c'est-à-dire que l'expression de $\frac{dQ}{\theta}$ soit une différentielle exacte; d'où trois nouvelles conditions d'intégrabilité nécessaire :

$$\frac{dc}{dm} = \frac{dl_1}{d\theta} - \frac{l_1}{\theta}, \qquad (4)$$

$$\frac{dc}{dv} = \frac{dl_1}{d\theta} - \frac{l_2}{\theta}, \qquad (5)$$

$$\frac{dl_1}{dv} = \frac{dl_2}{dm}. \qquad (6)$$

Telles sont les six équations fournies par l'application des principes de la thermodynamique. Il ne reste qu'à les combiner et à les discuter.

En éliminant c entre les équations fournies (1) et (4), il vient :

$$l_1 = A\theta \frac{de}{d\theta}. \qquad (7)$$

Cette équation exprime la proposition de M. Helmholtz signalée plus haut.

On peut tirer des équations (1) à (6) de nombreuses conséquences, dont quelques-unes sont nouvelles. Je me bornerai ici à indiquer la suivante. On peut éliminer l_1 entre les équations (1) et (7) ; on obtient ainsi, après réduction :

$$\frac{dc}{dm} = A\,\theta \quad d\theta. \qquad (8)$$

Le terme $\frac{dc}{dm}$ mesure la variation de la capacité calorifique qui correspond au passage d'une unité d'électricité, et par conséquent à un équivalent d'action chimique. Donc la condition $\frac{dc}{dm} = 0$ exprime simplement que la loi de Kopp et Wœstyne est vérifiée. Si $\frac{dc}{dm} = 0$, le second membre est nul ; dans ce cas, e est constante ou bien fonction linéaire de θ, et réciproquement. Donc *les éléments de pile dont la force électromotrice est constante sont ceux qui satisfont à la loi de Kopp et Wœstyne.*

Lorsque, dans une série d'actions chimiques, il y a changement d'état, dissolution d'un corps solide, par exemple, la loi de Kopp et Wœstyne n'est pas vérifiée, ainsi que M. Berthelot l'a montré depuis longtemps. C'est pour cette raison que les éléments à dépolarisant solide sont sensibles aux variations de température. Il y a plus : si dans un élément de Latimer Clark, contenant une solution de sulfate de zinc saturé, on ajoute un excès de ce sel en cristaux, l'accroissement de la force électromotrice pour un degré de température

augmente du tiers de sa valeur. M. Helmholtz signale ce fait, sans en donner l'explication.

M. Berthelot a également montré autrefois que les réactions où la chaleur chimique varie avec la température sont celles où la loi des capacités calorifiques n'est pas vérifiée. Cette proposition ne se confond pas avec celle que j'énonce plus haut, puisque les forces électromotrices ne sont pas toujours proportionnelles aux chaleurs chimiques. En réunissant les deux propositions, on peut dire que, si la loi des capacités calorifiques est vérifiée, la chaleur chimique et la force électromotrice sont égales entre elles, et indépendantes de la température. Dans le cas contraire, ces mêmes grandeurs deviennent inégales, et variables avec la température.

Séance du 1er décembre 1884.

Note sur les lois du frottement; par M. G.-A. Hirn.

Les personnes qui s'occupent de mécanique appliquée auront, comme moi, lu avec intérêt la Notice de M. Marcel Deprez, parue aux *Comptes rendus* du 17 novembre. Les résultats obtenus par M. Deprez, dans l'étude d'un cas particulier de frottement, concordent remarquablement avec ceux que j'ai indiqués sous une forme générale et assez complète, il y a trente ans. Quoique mon travail ait paru dans deux publications assez répandues, les faits qui y sont signalés semblent encore peu connus. Il me sera permis de les indiquer ici, sous la forme la plus concise.

Vers la fin de 1847, j'avais terminé une longue série de recherches des plus variées sur les lois qui président aux frottements des diverses pièces de nos machines. Par suite d'obstacles dont le souvenir m'est resté longtemps pénible, et qui étaient de nature à tempérer étrangement le zèle d'un commençant, le Mémoire où j'avais rassemblé et discuté les résultats de mes expériences n'a pu paraître que huit années plus tard (*Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse*, 1855). Notre aimé et vénéré confrère Combes en a peu après rendu compte dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* et l'y a fait insérer presque intégralement. Voici l'énoncé des faits principaux que j'ai constatés :

I. Il existe une grande différence entre les phénomènes que présente le frottement de deux pièces qui glissent l'une sur l'autre, selon qu'elles sont sèches et en contact immédiat, ou qu'elles sont séparées par une couche d'une matière lubrifiante (huile, graisse, eau, *air*).

II. Dans le cas des frottements que j'ai appelés *immédiats* (ceux où les deux surfaces glissantes sont sèches), le *coefficient* du frottement, autrement dit le rapport de la charge qui presse les surfaces l'une contre l'autre et de l'*effort moteur*, le coefficient de frottement, dis-je, est indépendant des vitesses, des surfaces et de la charge.

III. Il n'en est plus ainsi pour les frottements que j'ai appelés *médiats*, pour ceux où, comme c'est le cas à peu près général, les surfaces sont séparées par une matière onctueuse. Ici, le coefficient du frottement est *toujours* une fonction de la vitesse, de la charge et de l'étendue des surfaces en regard.

IV. Par suite de causes de troubles nombreuses, dont il est aisé de discerner l'origine, mais dont il est souvent impossible d'empêcher l'intervention, il est fort difficile d'arriver aux lois précises qui régissent les phénomènes. La quantité de matière onctueuse que le mouvement entraîne sous les surfaces en regard, la température de cette matière (du moins en général), etc., font varier la valeur du coefficient de frottement, la plupart du temps, dans le cours d'une même expérience.

V. Cependant on peut dire que, dans l'état habituel des pièces glissantes de nos machines (tourillons glissières ou patins qui guident les tiges des pistons de machines à vapeur, etc.), l'effort nécessaire pour surmonter la résistance est proportionnel aux racines carrées des surfaces en regard, aux racines carrées des charges qui les appuient l'une sur l'autre, et (lorsque le graissage est abondant) aux vitesses.

VI. L'influence des vitesses est toutefois des plus complexes. Avec de grandes vitesses, ou du moins quand les charges qui appuient les pièces l'une sur l'autre sont faibles relativement à l'étendue des surfaces glissantes, un grand nombre de liquides, bien différents des huiles, peuvent devenir des lubrifiants. Que dis-je? l'air, dans de certaines conditions particulières et lorsqu'il est amené en quantité suffisante entre les surfaces, devient le meilleur des lubrifiants, le coefficient de frottement pouvant alors s'abaisser à $\frac{1}{10\,000}$. Lorsque, au contraire, les vitesses sont trop faibles ou les charges relatives trop grandes, la matière onctueuse peut se trouver expulsée; le frottement *médiat* devient alors *immédiat*, et le coefficient du frottement peut s'élever de $\frac{1}{100}$ à $\frac{2}{10}$.

Les phénomènes relatés par M. Deprez sont en pleine concordance avec ce qui vient d'être dit. Lorsque, comme l'a très bien fait cet habile observateur, on détruira la valeur du coefficient de frottement

d'après le ralentissement gradué d'un volant de machine, par exemple, les tourillons, fortement lubrifiés à leur état normal, donnent une résistance à très peu près proportionnelle aux vitesses; mais, la vitesse finissant par devenir trop faible, il arrive un moment où la matière onctueuse n'est plus entraînée en quantité suffisante sous les surfaces. Le frottement médiat devient dès lors immédiat, et le coefficient de frottement croît avec une rapidité très grande. La courbe tracée dans ces conditions indique une résistance d'abord décroissante, et puis, tout d'un coup pour ainsi dire, rapidement croissante. J'ajoute qu'une cause accessoire peut ici modifier la marche de la courbe descendante. Le frottement développe de la chaleur et, par suite, produit une élévation de température dans les pièces; lorsque la vitesse diminue, la température diminue nécessairement et le pouvoir lubrifiant de l'huile diminue aussi dans une certaine mesure. Le frottement diminue, par suite, moins que dans le rapport direct des vitesses.

Il serait vivement à désirer que M. Deprez voulût bien continuer ses belles expériences, en modifiant les charges, en tenant compte des températures, etc. (si toutefois il ne l'a déjà fait). Peut-être M. Deprez sera-t-il plus heureux que moi et parviendra-t-il à modifier les opinions qui règnent encore généralement sur cette question. D'après ce que je vois en effet, les auteurs de plusieurs gros volumes de physique et de mécanique appliquée, que j'ai dans ma bibliothèque et dont la publication pourtant est récente, ne semblent pas connaître les faits que j'ai mis hors de doute il y a trente ans.

M. Jamin place sous les yeux de l'Académie un certain nombre de photographies d'étincelles électriques, obtenues directement, sans objectif, par le passage de l'étincelle sur la couche sensible de la glace de verre, par M. *Ducretet*

Action de l'étincelle d'induction sur le trifluorure de phosphore.
Note de M. H. Moissan, présentée par M. Debray (Extrait).

Comme la plupart des composés binaires se dédoublent partiellement en leurs éléments, sous l'action de la haute température développée par l'étincelle de la bobine de Ruhmkorff, nous avons pensé qu'il était intéressant d'étudier cette action sur le trifluorure de phosphore.

Nous avons employé, dans ces recherches, le dispositif si commode qui a été décrit par M. Berthelot[1]. Dans une éprouvette de verre, placée sur la cuve à mercure, se trouve un certain volume de trifluo-

[1] Berthelot, *Essai de mécanique chimique*, t. II, p. 340.

rure de phosphore. Ce gaz, qui a été desséché au moment de la préparation, est laissé en présence d'une baguette de potasse, fondue au creuset d'argent, pendant cinq à six heures, afin d'être certain qu'il ne renferme plus trace d'humidité. Le fluorure de phosphore, comme l'acide carbonique sec, n'est pas absorbé par la potasse.

Deux tubes recourbés, remplis de mercure, donnent passage aux fils de platine qui amènent le courant. Nous nous sommes servis dans ces expériences d'une bobine, actionnée par 3 éléments Grenet, pouvant donner facilement dans l'air des étincelles de $0^{m},04$.

On avait soin de bien faire jaillir l'étincelle entre les fils de platine, maintenus au milieu de l'éprouvette, de telle sorte que cette étincelle ne pût s'étaler sur une paroi de verre. Enfin le mercure, l'éprouvette et les tubes étaient desséchés avec le plus grand soin.

Lorsque l'étincelle a passé pendant une heure, on arrête l'expérience et on laisse le gaz reprendre la température du laboratoire. Le volume a sensiblement diminué et les parois de l'éprouvette sont recouvertes d'une matière jaune qui se détache facilement lorsqu'on l'agite avec de l'eau. Examinée au microscope, cette substance se présente sous la forme d'un enduit plus ou moins épais, déposé régulièrement sur les parois de verre par la condensation lente d'une vapeur. Ce corps se dissout dans le sulfure de carbone et fournit tous les caractères du phosphore.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE.

Séance du 21 *novembre* 1884.

M. le Président annonce à la Société les pertes regrettables qu'elle a faites pendant les vacances, par la mort de MM. Bertin, sous-directeur de l'École normale supérieure, Béthune, préparateur au lycée Saint-Louis; Bourdon (Eugène), ingénieur-mécanicien; Lartigue, directeur de la Compagnie des téléphones, et le baron Paul Thénard, membre de l'Institut.

M. le Secrétaire général signale dans la correspondance :

1° Une note de M. Gravier, de Varsovie : *Sur l'influence de la quantité de fer dans l'anneau de Gramme;*

2° Une note de M. Bandsept, de Bruxelles : relative aux *Piles primaires et aux batteries secondaires;*

3° Une note de M. D. Tommasi : *Sur la conductibilité électrique des solutions salines et la loi des constantes thermiques.* L'auteur fait remarquer qu'il résulte des expériences de M. Bouty que la dissolu-

tion d'ammoniaque ne renferme pas un hydrate d'oxyde d'ammonium analogue à la potasse.

4° Une note de M. Grézel, professeur à Nantua : *Sur quelques expériences d'électricité*, et dans laquelle l'auteur indique plusieurs combinaisons de piles à électrodes de charbon.

M. Cornu résume ses observations sur la couronne visible actuellement autour du soleil, sur les variations de forme, de coloration qu'elle présente dans diverses circonstances.

M. Mascart montre en projection une photographie instantanée de l'éclair, obtenue par M. Desquesnes, dans la nuit du 21 juillet 1884.

M. le docteur Parinaud présente, au nom de M. J. Duboscq et au sien, un appareil destiné à l'étude des intensités lumineuse et chromatique des couleurs spectrales et de leur mélange.

FAITS DIVERS

Procédé de traitement des jus sucrés par l'électrolyse. — La sucrerie est une des industries qui a le plus fait parler d'elle depuis quelques mois. Pour des causes que nous n'avons pas à rechercher ici, cette industrie, en effet, se trouvait, au commencement de la dernière campagne, dans une situation critique.

La nouvelle loi sur la betterave a pour but de pousser les fabricants abonnés à extraire la plus grande quantité de sucre possible, puisque, au delà d'un certain rendement, variable avec le système de fabrication, le sucre obtenu se trouve exempt de droits.

De nombreux procédés n'ont pas tardé à être signalés, et dans ce qui suit, nous nous proposons d'indiquer sommairement en quoi consiste celui qu'a fait breveter M. Despeissis.

Actuellement, l'extraction complète du sucre contenu dans les jus est rendue très-difficile, par suite de la présence, dans ces jus, d'alcalis qui empêchent la cristallisation du sucre. Le procédé dont il s'agit a pour but de neutraliser les alcalis contenus dans les jus sucrés en permettant au sucre combiné de cristalliser.

Le procédé de M. Despeissis a un autre avantage que nous devons de suite signaler, c'est que les sels que renferme la dissolution sucrée sont obtenus de telle façon que leur emploi commercial devient profitable.

Chacun sait que si l'on fait passer un courant électrique dans un liquide contenant un sel en dissolution, la base de ce sel, qui se trouve décomposé, se porte au pôle négatif et l'acide au pôle positif. Si l'on établit entre les deux pôles une séparation poreuse, de telle sorte que le passage du courant électrique puisse s'effectuer, mais que les deux liquides, ainsi séparés, ne puissent se mélanger que lentement, l'acide et la base du sel, rendus libres, ne pourront se recombiner immédiatement. Tel est le principe du procédé préconisé par M. Despeissis.

Le courant électrique sera produit à l'aide de machines dynamos ou de batteries. Les électrodes à employer de préférence doivent être en charbon ou en platine. Le vase poreux peut être en terre glaise non vernie, en charbon, en parchemin, etc.

Pendant l'électrolyse, c'est surtout de l'acide carbonique qui se dégage. Cet acide, qui reste, en partie, en dissolution, n'est pas nuisible au sucre ; on peut d'ailleurs facilement le neutraliser par une addition de chaux.

Quand le liquide est chauffé à un degré convenable, cet acide carbonique est neutralisé par la formation des carbonates insolubles, lesquels, en se déposant, entraînent également les matières colorantes.

Les sirops et les mélasses peuvent être traités sous l'action de la chaleur. Cette méthode présente même des avantages : le liquide chaud offre moins de résistance au courant électrique, et ce liquide est rendu assez fluide pour ne nécessiter aucune addition d'eau. De plus, l'élévation de température facilite l'échappement des gaz, qui ne se déposent pas sur les électrodes.

Comme nous l'avons dit, l'élimination des alcalis se fait au moyen d'un vase rempli, placé dans le jus, et dans lequel plonge l'électrode négative. Il est encore avantageux de plonger également l'électrode positive dans un vase poreux rempli d'eau et placé dans la masse du jus.

De cette façon, les acides et le fer des jus sucrés vont à l'électrode positive, tandis que les bases alcalines vont à l'électrode négative. Les vases poreux facilitent la séparation de ces matières nuisibles aux jus sucrés, ce qui permet d'obtenir une plus forte proportion de sucre cristallisable. C.

—

Téléphonie. — M. Van Rysselberghe vient d'expérimenter son système de télégraphie et de téléphonie simultanées sur la ligne de Porto à Lisbonne, dont la longueur est de 312 kilomètres.

Ces expériences ont parfaitement réussi, et l'on projette d'approprier tout le réseau portugais à ce mode de transmission télégraphique et téléphonique.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME VIII, DU 1er JUILLET AU 15 DÉCEMBRE 1884

B

C

Le propriétaire gérant,
G. MASSON.

9817. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.


Princeton University Library
32101 045750526


Princeton University Library
32101 045750526

